
Perkembangan Metode Ilmiah Dalam Perspektif Filsafat Ilmu Pengetahuan

Trio Nurul Fajri Putra¹

¹ Magister Pendidikan Sejarah, FPIPS Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr.SetiabudhiNo. 229 Bandung 40154 Jawa Barat, Indonesia

Email: trioputra@upi.edu

Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan tidak dapat dipisahkan dari perkembangan metode ilmiah sebagai cara sistematis dalam memperoleh, menguji, dan mengembangkan pengetahuan. Perubahan metode ilmiah berlangsung melalui proses panjang yang melibatkan perkembangan pemikiran dari masa Yunani Kuno, pemikiran ilmiah pada periode Islam, Revolusi Ilmiah, hingga perkembangan filsafat ilmu pada masa modern. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan perkembangan metode ilmiah dalam ilmu pengetahuan serta mengidentifikasi perubahan pemikiran yang melandasi perkembangan tersebut. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kepustakaan (*library research*) dengan pendekatan deskriptif-analitis. Data diperoleh melalui kajian terhadap berbagai sumber pustaka yang relevan dengan ilmu pengetahuan, metode ilmiah, perkembangan metodologi ilmiah, dan filsafat ilmu. Data dianalisis dengan mengidentifikasi, mengelompokkan, membandingkan, dan mensintesis berbagai gagasan yang ditemukan dalam sumber-sumber tersebut. Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan metode ilmiah berlangsung secara bertahap dan ditandai oleh perubahan dalam cara memperoleh serta menguji pengetahuan. Perkembangan tersebut mencakup penggunaan penalaran logis pada masa awal, penguatan observasi dan eksperimen, perkembangan pendekatan induktif dan deduktif, hingga munculnya gagasan falsifikasi dan perubahan paradigma dalam ilmu pengetahuan modern. Perkembangan metode ilmiah tersebut juga berkaitan dengan persoalan ontologi, epistemologi, dan aksiologi yang menjadi bagian penting dalam memahami hakikat, sumber, dan nilai pengetahuan ilmiah. Dengan demikian, metode ilmiah berkembang sejalan dengan perubahan cara manusia memahami pengetahuan dan proses pembentukannya.

Kata kunci: epistemology, metodologi, paradigma, falsifikasi, sains

Abstract

The development of science is inseparable from the evolution of the scientific method as a systematic way of acquiring, testing, and expanding knowledge. The shift in the scientific method has occurred through a long historical process involving the progression of thought from Ancient Greece, scientific thinking during the Islamic Golden Age, the Scientific Revolution, to the development of the philosophy of science in the modern era. This study aims to describe the development of the scientific method in science and to identify the philosophical shifts that underlie this evolution. Utilizing a library research method with a descriptive-analytical approach, data were gathered through a review of relevant literature on science, scientific methodology, methodological development, and the philosophy of science. The data were analyzed by identifying, categorizing, comparing, and synthesizing key concepts found across these sources. The findings indicate that the scientific method evolved progressively, marked by shifts in how knowledge is acquired and validated. This progression encompasses the use of logical reasoning in the early stages, the emphasis on observation and experimentation, the development of inductive and deductive approaches, and the emergence of falsification concepts and paradigm shifts in modern science. Furthermore, the development of the scientific method is closely linked to ontological, epistemological, and axiological considerations, which are essential to understanding the nature, source, and value of scientific knowledge. Consequently, the

scientific method has evolved in tandem with changes in how humans comprehend knowledge and the process of its formation.

Keywords: *epistemology, methodology, paradigm, falsification, science*

1. PENDAHULUAN

Sejarah peradaban manusia tidak dapat dipisahkan dari dinamika perkembangan ilmu pengetahuan. Sejak era Yunani Kuno hingga era modern saat ini, pemikiran manusia terus mengalami transformasi dalam usahanya untuk memahami, menjelaskan, dan menguasai fenomena alam serta realitas sosial (Qvit & Rubin, 2025). Perkembangan ini menunjukkan bahwa pengetahuan ilmiah tidak bersifat statis, melainkan bergerak secara dinamis melampaui berbagai lintasan sejarah, tradisi intelektual, dan peradaban. Dari demitologi pemikiran awal yang berupaya lepas dari mitos, penguatan tradisi intelektual pada era keemasan Islam, hingga lompatan besar pada era Revolusi Ilmiah dan filsafat modern, cara manusia mengonstruksi pengetahuan terus mengalami pembaharuan demi mencapai pemahaman yang lebih akurat dan rasional (Rodzinsky, 2023).

Secara terminologis, pemahaman mengenai ilmu atau sains memiliki akar bahasa dan sejarah yang kaya. Kata "*ilmu*" berasal dari bahasa Arab '*ain-lam-mim*' (*'ulum*). Menurut al-Zamakhshari, kata ini berkaitan dengan makna *al-simah* (ciri khas) atau *al-syu'ur* (perasaan), serta memiliki padanan akar kata dengan '*alam*' (ciptaan Tuhan). Hal ini mengindikasikan bahwa ilmu pada hakikatnya adalah instrumen dan cara untuk memahami alam semesta (Arif, 2016). Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), ilmu didefinisikan sebagai pengetahuan tentang sesuatu yang disusun secara sistematis menurut metode tertentu untuk menerangkan gejala di bidang tertentu (Kemendikbud, t.t.). Sementara itu, istilah "*sains*" yang diserap dari bahasa Inggris (*science*)—dan berakar dari bahasa Prancis Abad Pertengahan—diartikan oleh *Cambridge Dictionary* dan *Oxford English Dictionary* sebagai pengetahuan mengenai struktur dan perilaku dunia fisik dan alam yang diperoleh melalui pengamatan, pengukuran, pengujian, dan eksperimen yang terverifikasi (Dictionary, t.t.). Dengan demikian, ilmu pengetahuan atau sains merujuk pada pengetahuan sistematis yang berbasis pada pengujian dan validasi metodologis.

Dalam kerangka tersebut, metode ilmiah memegang peranan yang sangat vital. Istilah *metode* berakar dari bahasa Yunani *meta* (melalui) dan *hodos* (jalan). Metode ilmiah dapat diartikan sebagai jalan atau tata cara sistematis yang harus ditempuh langkah demi langkah agar suatu temuan atau kesimpulan dapat diakui memiliki standar kebenaran ilmiah (Anderson & Lin, 2024). Metode ilmiah menjadi pembeda mendasar antara pengetahuan biasa (*ordinary knowledge*) dengan pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*). Tanpa adanya metode yang terstruktur—baik melalui penalaran logis, observasi empiris, formulasi hipotesis, hingga uji coba eksperimental—pengetahuan akan terjebak pada spekulasi, dogma, atau otoritas tanpa pembuktian yang terukur (Lawson, 2015). Oleh karena itu, metode ilmiah berfungsi sebagai alat validasi sekaligus fondasi epistemologis utama dalam membangun bangunan ilmu pengetahuan.

Meskipun metode ilmiah kini dipahami sebagai kerangka kerja yang terstruktur (meliputi observasi, pengumpulan data, analisis, hipotesis, eksperimen, hingga pembentukan teori), perjalanan pembentukannya tidaklah tunggal maupun linier. Sering kali, kajian sejarah sains menyajikan

metode ilmiah secara terfragmentasi—hanya berfokus pada babak tertentu, seperti Revolusi Ilmiah Barat abad ke-17, serta mengabaikan keterkaitan antara dialektika sejarah dan fondasi filosofisnya (ontologi, epistemologi, dan aksiologi). Terjadi perdebatan yang panjang antara penekanan pada logika deduktif-silogistik Aristoteles, sintesis eksperimental Ibnu Al-Haytham, penalaran induktif Bacon, rasionalisme Cartesian Descartes, hingga gagasan falsifikasi Karl Popper dan perubahan paradigma Thomas Kuhn (Giza, 2017; Rashed, 2016; Sgarbi, 2013). Kesenjangan kajian ini menunjukkan perlunya pemetaan yang komprehensif untuk memahami bagaimana pergeseran paradigma metodologis tersebut saling memengaruhi dan bagaimana landasan filsafat ilmu membentuk perubahan cara manusia memperoleh kebenaran ilmiah.

Berdasarkan hal tersebut artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan memetakan rekam jejak perkembangan metode ilmiah secara historis, mulai dari era Yunani Kuno, periode keemasan Islam, Revolusi Ilmiah, hingga era modern. Kemudian, berupaya mengidentifikasi pergeseran pemikiran filosofis yang melandasi evolusi metodologi tersebut. Serta menganalisis perkembangan metode ilmiah dalam kaitannya dengan kerangka dasar filsafat ilmu, yaitu aspek ontologi (hakikat realitas), epistemologi (sumber dan cara memperoleh pengetahuan), dan aksiologi (nilai serta guna pengetahuan ilmiah).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kepustakaan (*library research*) dengan pendekatan deskriptif-analitis (Komba & Lwoga, 2022). Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan berbagai sumber pustaka yang relevan dengan pembahasan mengenai ilmu pengetahuan, metode ilmiah, perkembangan metodologi ilmiah, serta filsafat ilmu. Sumber-sumber tersebut digunakan untuk memperoleh informasi dan pemikiran yang berkaitan dengan perkembangan metode ilmiah dari masa ke masa, termasuk pemikiran para tokoh yang berpengaruh dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran dan kajian terhadap sumber-sumber tertulis yang relevan dengan fokus penelitian (McKibbin, 2006). Data yang diperoleh kemudian dibaca, diidentifikasi, dan dikelompokkan berdasarkan tema pembahasan, terutama mengenai perkembangan metode ilmiah, perubahan cara memperoleh dan menguji pengetahuan, serta hubungan perkembangan metode ilmiah dengan aspek ontologis, epistemologis, dan aksiologis dalam filsafat ilmu.

Analisis dilakukan secara deskriptif-analitis dengan cara menguraikan gagasan dan pemikiran yang ditemukan dalam berbagai sumber, kemudian membandingkan dan mensintesiskannya untuk memperoleh gambaran mengenai perkembangan metode ilmiah dalam ilmu pengetahuan. Dengan metode tersebut, penelitian ini tidak hanya mendeskripsikan pemikiran dari berbagai periode, tetapi juga mengidentifikasi perubahan dan kesinambungan dalam cara manusia memperoleh, menguji, dan mengembangkan pengetahuan ilmiah.

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil kajian pustaka terhadap berbagai sumber sejarah dan filsafat ilmu menunjukkan bahwa perkembangan metode ilmiah merupakan proses evolutif yang panjang dan berkesinambungan. Perkembangan tersebut

dapat ditelusuri dalam lima fase, yaitu tradisi Yunani Kuno, tradisi keilmuan Islam pada Abad Pertengahan, Revolusi Ilmiah, periode Pencerahan hingga abad ke-19, dan filsafat ilmu abad ke-20. Temuan pada setiap fase dipaparkan berikut ini dan dirangkum dalam Tabel 3.1.

1. Fase Kuno: Demitologisasi dan Perumusan Logika Formal

Pemikiran ilmiah di Yunani Kuno ditandai oleh pergeseran dari penjelasan mitologis menuju pemahaman gejala alam melalui observasi dan penalaran (demitologisasi). Thales dari Miletus, bersama Anaximander dan Pythagoras, dipandang sebagai perintis pendekatan ini. Thales mengajukan air sebagai *archē* atau substansi dasar, gagasannya dibaca sebagai hipotesis spekulatif yang berangkat dari pengalaman dan observasi sehari-hari (Hunt, 2021). Anaximander mencari penjelasan asal-usul dunia secara rasional, dengan *apeiron* sebagai prinsip dasar. Ia juga dipuji karena mencoba menjelaskan dunia dan manusia dalam istilah rasional dan observasional (Kočandrle & Couprie, 2017). Sedangkan Pythagoras menurut Kiefer (2021) sangat berpengaruh pada matematika, musik, dan cara berpikir tentang keteraturan kosmos, tetapi tradisinya masih kuat terkait ritus, komunitas rahasia, dan unsur religious. Langkah observasional yang lebih terstruktur ditunjukkan Aristoteles dalam *Historia Animalium*, ketika ia mengamati, mencatat, dan mengklasifikasikan lebih dari 500 spesies hewan berdasarkan karakteristiknya (Connell, 2021).

Selain observasi, peradaban Yunani meletakkan dasar logika formal melalui sumbangan beberapa tokoh:

- a. Sokrates (469 SM – 399 SM) menggunakan *elenchus* sebagai metode dialektis yang melibatkan ironi dan *maieutika* untuk menguji dan membangkitkan pengetahuan. Plato kemudian mengolah warisan dialektis itu ke dalam metafisika *Forms/Idea* (Politis, 2021). *Elenchus* dalam hal ini adalah metode tanya-jawab ala Sokrates untuk menguji apakah suatu klaim benar. Umumnya ia mengarah pada kontradiksi agar orang sadar pengetahuannya belum kokoh. Ironi Sokrates, dalam penjelasannya Detweiler (2016) menguraikannya sebagai cara berbicara atau bertanya yang terlihat seperti polos, merendah, atau pura-pura tidak tahu, tetapi sebenarnya dipakai untuk menguji jawaban lawan bicara, menampakkan kelemahan argumen, atau membuat orang menyadari bahwa pengetahuannya belum kuat. Ironi Sokrates sering dibahas sebagai teknik pedagogis dan dialogis. Sedangkan, *Maieutika* berarti “bidan” atau “kebidanan” secara kiasan. Sokrates dipahami sebagai orang yang membantu ide lahir dari pikiran lawan bicara, bukan langsung memberi jawaban jadi. Karena itu, *maieutika* adalah metode membimbing orang menemukan pemahamannya sendiri lewat tanya-jawab (Benson, 2010; Fortuna & Scibilia, 2025).
- b. Aristoteles (384 SM – 322 SM) memainkan peran kunci dalam perkembangan metode ilmiah karena ia menjadi perumus awal model ilmu demonstratif yang menuntut pengetahuan ilmiah dibangun melalui silogisme deduktif dari premis yang benar, pasti, dan menjelaskan sebab suatu gejala, bukan sekadar mengumpulkan pendapat atau fakta terpisah (de Jong & Betti, 2010). Dalam *Posterior Analytics*, ia menegaskan bahwa *episteme* adalah pengetahuan tentang mengapa sesuatu demikian adanya, sehingga demonstrasi ilmiah harus menangkap hubungan kausal yang universal dan niscaya (Malink, 2015). Dengan menyusun logika silogistik sebagai alat formal untuk menarik kesimpulan yang sah dan dengan membedakan pengetahuan ilmiah dari *doxa* atau keyakinan biasa, Aristoteles memberi kerangka metodologis yang kemudian menjadi dasar tradisi rasionalitas ilmiah selama berabad-abad (Morison, 2019). Kontribusinya terhadap ilmu pengetahuan harus bersifat sistematis, demonstratif, dan berorientasi pada penjelasan sebab-akibat
- c. Zeno dari Citium (334/333–262 SM), periode awal stoisisme dapat dikenal sebagai tokoh yang menempatkan logika sebagai cabang filsafat yang berdiri sendiri, sejajar dengan fisika dan etika. Sehingga logika merupakan bagian fundamental dari bangunan pemikirannya (Rogers, 2024). Logika, menurut Zeno dipahami secara dialektis dan normatif yang memiliki fungsi untuk menilai kebenaran, membela argumen, menguji definisi dan hipotesis, serta menangkal kesalahan bernalar. Metafora Stoik tentang ladang, pagar, dan buah juga memperkuat posisi logika sebagai pagar yang menjaga sistem secara keseluruhan, fisika sebagai ladang, dan etika sebagai buah (Ierodiakonou, 2018). Pada masa kini apa yang dipahami sebagai logika tidak cenderung berbeda dari pemikiran Zeno mengenai

- logika. Sehingga Zeno berkontribusi pada tradisi penalaran sistematis yang kemudian relevan bagi metode ilmiah dan filsafat ilmu (Rossberg & Shapiro, 2021) .
- d. Cicero (106–43 SM) Cicero memanfaatkan logika sebagai bagian dari seni argumentasi dan sebagai sarana kritik rasional terhadap persuasi politik, terutama ketika ia menuntut agar retorika ditopang oleh penilaian, standar rasional, dan pertimbangan filosofis yang lebih luas (Remer, 2021). Berbeda dengan Zeno, yang dalam tradisi Stoik awal memosisikan logika sebagai cabang pertama filsafat yang bersifat dialektis-normatif untuk menilai kebenaran, membela argumen, serta menguji definisi dan hipotesis. Menurut De Harven (2018) logika Cicero lebih tampak sebagai praktik retorika-filosofis dalam debat publik dan politik.
 - e. Alexander Aphrodisias (abad ke-2/3 M) merupakan tokoh yang dapat dipahami memiliki kontribusi penting bagi perkembangan metode ilmiah atau ilmu pengetahuan karena ia membedakan analitika sebagai kajian pembuktian yang bertumpu pada premis-premis benar dan demonstrasi yang sah, dari dialektika sebagai pemeriksaan argumen melalui tanya-jawab, opini yang diterima, atau premis hipotetis (Adamson, 2018). Sebagai inferensi, perbedaan ini membantu memperjelas bahwa pengetahuan ilmiah tidak cukup bergantung pada debat atau plausibilitas semata, melainkan memerlukan prosedur yang lebih teratur untuk menilai validitas deduksi dan mencari premis yang layak dipakai dalam pembuktian (Mueller, 2014). Karena itu, Alexander sering dibaca sebagai tokoh yang memperkuat kerangka logis bagi penyelidikan ilmiah, termasuk perhatian pada prinsip-prinsip pertama dan metode argumentasi formal yang menjadi dasar bagi rasionalitas ilmiah.

2. Abad Pertengahan: Penguatan Empirisme dalam Tradisi Islam

Ibnu al-Haytam (965–1040 M) adalah ilmuwan besar dalam peradaban Islam yang memberi sumbangan sangat penting bagi metode ilmiah dan perkembangan ilmu pengetahuan, terutama melalui *Kitab al-Manazir*, karena ia menegaskan bahwa kebenaran harus dibuktikan dengan pengamatan, eksperimen, dan penalaran matematis, bukan diterima begitu saja dari otoritas (Boudrioua dkk., 2020). Melalui kajian optik, ia melakukan percobaan tentang cahaya, ruang gelap, refleksi, refraksi, dan penglihatan untuk menunjukkan bahwa cahaya merambat lurus serta penglihatan terjadi karena cahaya dari benda masuk ke mata, bukan karena mata memancarkan sinar (Ünal dkk., 2026). Ia juga menggabungkan geometri, fisika, anatomi mata, dan analisis persepsi sehingga ilmunya tidak hanya menghasilkan teori optik baru, tetapi juga membentuk cara berpikir ilmiah yang kritis, teruji, dan sistematis (Yildirim, 2023). (Penchevre, 2019) memberikan catatan penting terhadap Ibnu al-Haytam oleh karena perannya dalam memadukan eksperimen, verifikasi kritis, dan matematika, sebagai pelopor awal cara berpikir ilmiah yang sangat berpengaruh dalam sejarah ilmu pengetahuan.

3. Fase Revolusi Ilmiah (Abad ke-15 hingga 17): Konsolidasi Empirisme dan Rasionalisme

Revolusi Ilmiah meruntuhkan paradigma geosentris Ptolemaios dan Aristoteles yang bertahan lebih dari seribu tahun. Metode ilmiah pada periode ini berkembang melalui perpaduan pengamatan, perhitungan, eksperimen, dan penalaran.

- a. Nicolaus Copernicus (1473–1543) menempati posisi penting dalam pergeseran menuju metode ilmiah modern karena ia menunjukkan bahwa gerak benda langit dapat dipahami melalui model matematis-geometris heliosentris yang lebih sederhana dan lebih terpadu daripada sistem Ptolemaios, sehingga perhatian ilmiah bergerak ke pemodelan kuantitatif dan penalaran rasional (Romer, 1999). Dalam *De revolutionibus*, ia menekankan pentingnya pengamatan astronomi jangka panjang, penggunaan geometri untuk menata fenomena langit, dan kritik terhadap kerumitan model lama (Tredwell & Barker, 2004). Karena itu, sumbangannya bagi ilmu pengetahuan terletak pada keberaniannya menyusun ulang pengetahuan alam secara lebih sistematis dan terukur; pada saat yang sama, sejumlah sumber menempatkannya sebagai pembuka jalan revolusi ilmiah, sementara

- penyempurnaan metodologis yang lebih jauh baru berkembang pada Kepler dan Galileo (Martin, 1984).
- f. Galileo Galilei (1564–1642) membantu menggeser cara kerja ilmu pengetahuan dari sekadar bergantung pada otoritas teks menuju pengamatan, eksperimen, dan penalaran matematis. Galileo menegaskan bahwa “buku alam” harus dibaca melalui bahasa matematika dan diuji pada dunia nyata, bukan diterima secara buta dari tradisi sebelumnya (Petzold dkk., 2024). Melalui observasi teleskopik sejak 1609, ia membuka babak baru revolusi ilmiah dengan menunjukkan pentingnya instrumen untuk memperluas indera manusia dan menghasilkan pengetahuan astronomi yang lebih kuat. Dalam fisika, ia merumuskan dan menguji gerak benda secara sistematis, termasuk studi tentang jatuhnya benda, pendulum, dan bidang miring, yang memperlihatkan bahwa fenomena alam dapat dipahami lewat percobaan terukur dan kuantifikasi (Strano, 2009). Karena itu, Galileo sering dipandang sebagai salah satu tokoh yang paling berpengaruh dalam pembentukan sains modern, baik lewat eksperimen yang terstruktur maupun lewat pembelaannya terhadap skeptisisme ilmiah dan verifikasi berbasis bukti (Osterhage, 2018).
 - g. Francis Bacon (1561–1626) dipandang sebagai tokoh kunci yang merumuskan arah baru bagi pengetahuan ilmiah melalui empirisme induktif. Bacon menolak deduksi skolastik yang dianggap terlalu bergantung pada premis awal, lalu mendorong pengumpulan fakta melalui natural history dan eksperimen yang tersusun rapi untuk menyusun pengetahuan dari bawah ke atas (Deb, 2025; Müller-Wille & Charmantier, 2012). Dalam kerangka itu, Bacon menekankan bahwa data mentah saja tidak cukup; fakta harus diatur dalam tabel, rangka, dan seri eksperimen agar pikiran dapat bekerja secara tertib dan menghasilkan generalisasi yang lebih dapat diandalkan (Jalobeanu, 2024). (Osminskaya, 2021) menguraikan bahwa Bacon juga memberikan peringatan empat Idola—Suku, Gua, Pasar, dan Teater—sebagai sumber bias yang dapat menyesatkan penalaran ilmiah, sehingga observasi harus dibersihkan dari prasangka, bahasa yang menipu, dan kebiasaan berpikir yang keliru. Kontribusi terbesarnya bagi metode ilmiah terletak pada gagasan bahwa ilmu harus bergerak dari pengamatan, eksperimen, dan induksi menuju pengetahuan yang dapat diuji serta berguna secara praktis untuk memahami dan mengendalikan alam, bukan sekadar spekulasi teoretis (Rusu, 2012). Dengan demikian, Bacon membantu meletakkan fondasi bagi sains modern sebagai kegiatan sistematis, berbasis bukti, dan berorientasi pada penemuan hukum alam serta penerapan teknologi
 - h. René Descartes (1596-1650) berkontribusi besar pada perkembangan metode ilmiah dengan menegaskan bahwa pengetahuan harus dibangun di atas dasar yang pasti melalui keraguan metodis, yakni sikap meragukan segala hal terlebih dahulu untuk menyingkirkan keyakinan yang rapuh hingga ditemukan kebenaran yang tak terbantahkan, yaitu *cogito* (Sullivan, 2006; Watson, 2014). Melalui hal tersebut, (Descartes, 2023) merumuskan cara berpikir ilmiah yang teratur melalui langkah membagi persoalan, bergerak dari hal yang sederhana ke yang lebih kompleks, dan memeriksa kembali seluruh proses secara menyeluruh, sambil mendorong penggunaan rasio, deduksi, serta pendekatan matematis dan mekanistik untuk menjelaskan alam, sehingga ilmu pengetahuan modern makin menjauh dari otoritas tradisional dan semakin menekankan penyelidikan yang logis, sistematis, dan dapat diuji 4. Pencerahan hingga Abad ke-19: Sintesis dan Positivisme
 - i. Pemikiran Immanuel Kant (1724–1804) menunjukkan bahwa pengetahuan ilmiah tidak lahir hanya dari pengalaman inderawi, tetapi merupakan sintesis antara data empiris dan kerangka rasional a priori yang ada pada subjek, seperti ruang, waktu, dan kausalitas (Gerhardt, 2015). Melalui gagasan “Revolusi Kopernikan”, Kant menegaskan bahwa cara manusia mengetahui justru ikut membentuk pengalaman, sehingga ilmu pengetahuan menjadi mungkin karena adanya struktur kognitif yang memberi bentuk pada data pengalaman (Swanson, 2016). Menurut Cooper (2023) kontribusi Kant terhadap metode ilmiah terletak pada penjelasan bahwa observasi, hipotesis, dan eksperimen harus berjalan bersama prinsip rasional, bukan berdiri sendiri, dan ilmu hanya sah jika tetap berada dalam batas pengalaman yang dapat diuji. Dalam bahasa Kant, pengetahuan ilmiah adalah sintesis antara

data pengalaman empiris (*a posteriori*) dan kerangka rasional bawaan manusia (*a priori*, seperti ruang, waktu, dan kausalitas) (Russel, 2021) .

- j. Pemikiran Auguste Comte (1798–1857) berperan besar dalam kontribusinya terhadap metode ilmiah dan ilmu pengetahuan karena ia menempatkan pengetahuan pada dasar positivisme, yaitu gagasan bahwa ilmu harus bertumpu pada observasi, fakta yang dapat diuji, dan pencarian hukum-hukum umum dari hubungan antarfenomena, bukan pada spekulasi teologis atau metafisis (Pickering, 2015). Melalui hukum tiga tahap—teologis, metafisis, dan positif—Comte menggambarkan perkembangan akal manusia sekaligus memberi kerangka historis bagi kemajuan ilmu, di mana tahap positif ditandai oleh penggunaan metode ilmiah untuk menjelaskan dan memprediksi gejala. Comte juga mendorong klasifikasi ilmu dan gagasan bahwa cabang-cabang pengetahuan saling terkait dalam hierarki yang semakin kompleks, sehingga ilmu tidak berdiri sendiri tetapi tersusun secara sistematis dalam satu tata pengetahuan yang koheren (Trompf, 2023). Dalam bidang sosial, Comte menegaskan bahwa masyarakat pun dapat dipelajari secara ilmiah melalui sosiologi, sehingga metode ilmiah tidak hanya cocok untuk alam, tetapi juga untuk memahami tatanan sosial, perubahan sosial, dan kemungkinan prediksi atas proses-proses sosial (Shah dkk., 2020). Dengan demikian, kontribusi utama Comte bukan sekadar pada isi ilmu, melainkan pada cara berpikir ilmiah: ia membantu menjadikan observasi empiris, klasifikasi, keteraturan hukum, dan kepercayaan pada kemajuan pengetahuan sebagai fondasi modern ilmu pengetahuan

5. Fase Modern (Abad ke-20): Falsifikasiisme dan Dinamika Paradigma

Pada abad ke-20, pemahaman epistemologis tentang metode ilmiah direkonseptualisasi secara radikal oleh dua tokoh:

- a. Karl Popper (1902–1994) merupakan tokoh yang berkontribusi terhadap metode ilmiah dan perkembangan ilmu pengetahuan terletak pada penolakannya terhadap induksi dan verifikasi positivistik, lalu menggantinya dengan falsifikasiisme sebagai dasar keilmiah (Shearmur & Stokes, 2016) . Menurut Popper (2002), sebuah teori tidak menjadi ilmiah karena memiliki banyak bukti yang mendukungnya, melainkan karena teori itu dapat diuji secara ketat dan berisiko dibuktikan salah. Dengan demikian, ilmu pengetahuan tidak bergerak lewat pembenaran yang makin menumpuk, tetapi melalui proses kritik, pengujian, dan penolakan terhadap teori-teori yang gagal bertahan (Shearmur, 2010). Pandangan ini menegaskan bahwa teori ilmiah selalu bersifat sementara dan terbuka untuk direvisi, sehingga kemajuan ilmu terjadi bukan karena mencapai kebenaran final, melainkan karena semakin mampu menyingkirkan kesalahan dan memperbaiki penjelasan secara bertahap.
- k. Thomas S. Kuhn (1922–1996) memberikan kontribusinya terhadap metode ilmiah adalah menggeser pandangan bahwa ilmu berkembang secara lurus dan kumulatif, menjadi pemahaman bahwa praktik ilmiah berjalan dalam normal science di bawah paradigma yang disepakati, lalu dapat mengalami krisis ketika anomali menumpuk dan memicu revolusi ilmiah atau *paradigm shift* (Kindi, 1995). Dengan kerangka ini, Kuhn (2012) menunjukkan bahwa metode ilmiah bukan sekadar penerapan prosedur netral dan tetap, melainkan aktivitas yang sangat dipengaruhi oleh komitmen komunitas ilmiah terhadap paradigma tertentu, sehingga cara merumuskan masalah, menafsirkan data, dan menilai bukti ikut berubah ketika paradigma berganti. Karena itu, Kuhn penting bagi ilmu pengetahuan bukan hanya karena menjelaskan bagaimana teori-teori ilmiah berubah, tetapi juga karena menegaskan bahwa perkembangan sains sering melibatkan ketegangan antara aturan metodologis yang mapan dan kebutuhan untuk menerima kerangka baru yang lebih mampu menjelaskan fenomena (Hedesa & Tendler, 2017).

Tabel 3.1 Sintesis Perkembangan Metode Ilmiah dan Kontribusi Pemikir

Era / Periode	Tokoh Utama	Kontribusi & Objek Metodologis Utama
Yunani Kuno	Thales, Anaximander, Pythagoras, Sokrates, Plato, Aristoteles, Zeno, Cicero, A. Aphrodisias	Demitologisasi fenomena alam, klasifikasi empiris awal, perumusan logika formal (analitika-dialektika), dan logika silogistik deduktif
Abad Pertengahan (Islam)	Ibnu al-Haytham	Eksperimen sistematis, observasi terukur, matematisasi data, pengujian hipotesis, pembuktian optik
Revolusi Ilmiah (Abad 15–17)	N. Copernicus, G. Galilei, F. Bacon, R. Descartes	Model heliosentris, observasi teleskopis, induksi empiris terstruktur (penolakan <i>Idola</i>), rasionalisme keraguan metodis
Pencerahan & Abad 19	I. Kant, A. Comte	Sintesis empirisme-rasionalisme (<i>a priori</i> dan <i>a posteriori</i>), Positivisme (Hukum Tiga Tahap)
Sains Modern (Abad 20)	Karl Popper, Thomas Kuhn	Falsifikasiisme dan teori perubahan paradigma dalam revolusi sains

Secara prosedural, model metode ilmiah modern yang lazim dirumuskan bekerja melalui alur sistematis dan iteratif: (1) observasi fenomena → (2) pengumpulan data sistematis → (3) analisis data → (4) formulasi hipotesis → (5) eksperimen dan verifikasi/uji falsifikasi → (6) generalisasi → (7) formulasi teori atau hukum ilmiah. Alur ini merupakan model yang disederhanakan, dan keterbatasannya dibahas pada subbab 3.2.

3.2 Pembahasan

Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan metode ilmiah tidak berlangsung melalui satu prosedur yang sejak awal telah terbentuk secara utuh, melainkan melalui proses historis yang memperlihatkan perubahan cara manusia memahami realitas, memperoleh pengetahuan, serta menentukan kriteria suatu pengetahuan dapat dianggap ilmiah (Qvit & Rubin, 2025; Rodzinsky, 2023). Pemetaan terhadap lima fase perkembangan menunjukkan adanya kesinambungan sekaligus pergeseran metodologis, mulai dari dominasi penalaran logis pada masa Yunani Kuno, penguatan observasi dan eksperimen dalam tradisi keilmuan Islam, integrasi matematika dan eksperimen pada Revolusi Ilmiah, sintesis antara rasionalisme dan empirisme pada periode Pencerahan, hingga munculnya kritik terhadap verifikasi dan konsepsi ilmu sebagai aktivitas yang terbuka terhadap falsifikasi serta perubahan paradigma pada abad ke-20. Temuan ini memperlihatkan bahwa metode ilmiah lebih tepat dipahami sebagai konstruksi historis yang terus mengalami penyempurnaan daripada sebagai seperangkat langkah yang bersifat tetap dan universal.

Pergeseran pertama yang penting dapat dilihat pada perubahan dari penjelasan yang bersifat mitologis menuju penjelasan rasional mengenai fenomena alam. Pada fase Yunani Kuno, muncul upaya untuk memahami alam berdasarkan prinsip yang dapat dipikirkan secara rasional, bukan semata-mata berdasarkan narasi mitologis (Hunt, 2021; Kočandrle & Couprie, 2017). Proses ini berlangsung bertahap, karena sebagian tradisi, seperti Pythagoras, masih lekat dengan unsur ritual dan religius (Kiefer, 2021). Perkembangan tersebut kemudian diperkuat melalui pembentukan tradisi argumentasi, klasifikasi, observasi, dan logika formal (Connell, 2021; Politis, 2021). Kontribusi Aristoteles menjadi penting karena pengetahuan ilmiah tidak hanya dipahami sebagai kumpulan fakta, tetapi sebagai pengetahuan yang mampu memberikan penjelasan mengenai sebab suatu fenomena (de Jong & Betti, 2010; Malink, 2015). Dengan demikian, sejak fase awal telah terlihat bahwa metode ilmiah memiliki dua dimensi yang saling berhubungan, yaitu dimensi empiris dalam memperoleh informasi tentang objek dan dimensi rasional dalam mengorganisasikan serta

menjelaskan informasi tersebut. Hasil ini sejalan dengan posisi bahwa pengetahuan ilmiah tidak dapat direduksi hanya menjadi observasi, karena data empiris memerlukan struktur penalaran agar dapat menghasilkan pengetahuan yang sistematis (Lawson, 2015) .

Dalam perspektif epistemologi, fase Yunani Kuno menunjukkan bahwa persoalan utama ilmu sejak awal bukan sekadar bagaimana memperoleh data, tetapi bagaimana membedakan pengetahuan yang dapat dipertanggungjawabkan dari opini atau keyakinan biasa. Perbedaan antara *episteme* dan *doxa* menjadi penting dalam konteks ini (Morison, 2019). Logika berfungsi sebagai instrumen untuk menguji konsistensi argumen, sementara observasi berfungsi memberikan dasar bagi pembicaraan mengenai fenomena (Rogers, 2024). Perbedaan antara analitika dan dialektika pada Alexander dari Aphrodisias juga memperlihatkan upaya menetapkan prosedur yang lebih teratur untuk menilai validitas pembuktian (Adamson, 2018; Mueller, 2014). Dengan demikian, perkembangan metode ilmiah pada fase awal dapat dipahami sebagai proses pembentukan standar rasionalitas. Hal tersebut penting karena menunjukkan bahwa karakter ilmiah suatu pengetahuan tidak hanya ditentukan oleh objek yang dikaji, tetapi juga oleh cara klaim mengenai objek tersebut dibangun dan dipertanggungjawabkan.

Perkembangan selanjutnya dalam tradisi keilmuan Islam memperlihatkan penguatan hubungan antara penalaran rasional dan pengalaman empiris. Temuan mengenai pemikiran dan praktik ilmiah Ibnu al-Haytham menunjukkan bahwa observasi tidak lagi berhenti pada kegiatan melihat atau mencatat fenomena, tetapi mulai ditempatkan dalam rangkaian penyelidikan yang melibatkan eksperimen, pengukuran, matematika, dan pengujian terhadap penjelasan tertentu (Boudrioua dkk., 2020; Ünal dkk., 2026; Yildirim, 2023). Hal ini memperlihatkan perubahan penting dalam epistemologi ilmu: sumber pengetahuan tidak hanya berasal dari kemampuan rasional untuk menyusun argumen, tetapi juga dari kemampuan manusia memperoleh bukti melalui interaksi sistematis dengan objek yang diteliti. Dengan kata lain, pengalaman empiris mulai memperoleh kedudukan metodologis yang semakin kuat dalam menentukan apakah suatu penjelasan dapat dipertahankan (Penchevre, 2019).

Posisi tersebut sekaligus memperlihatkan bahwa sejarah metode ilmiah tidak dapat dipahami secara sederhana sebagai perkembangan yang hanya berlangsung dalam satu tradisi intelektual. Hasil penelitian menunjukkan adanya kontribusi penting dari tradisi keilmuan Islam dalam penguatan observasi, eksperimen, dan matematisasi. Karena itu, narasi perkembangan metode ilmiah yang hanya menempatkan Revolusi Ilmiah Eropa sebagai titik awal metode ilmiah modern berpotensi mengabaikan proses transmisi dan perkembangan pengetahuan yang berlangsung lebih panjang (Giza, 2017; Rashed, 2016; Sgarbi, 2013). Temuan ini memperkuat kebutuhan untuk melihat sejarah ilmu sebagai proses yang bersifat lintas-peradaban, di mana suatu perkembangan metodologis dapat muncul, ditransformasikan, dan memperoleh bentuk baru dalam konteks intelektual yang berbeda.

Revolusi Ilmiah kemudian memperlihatkan transformasi yang lebih kompleks karena observasi, eksperimen, matematika, dan penalaran mulai berfungsi sebagai satu kesatuan dalam penyelidikan alam. Perubahan yang terjadi pada fase ini bukan sekadar pergantian teori tertentu, tetapi perubahan terhadap cara fenomena alam direpresentasikan dan dijelaskan (Martin, 1984). Model heliosentris Copernicus (Romer, 1999; Tredwell & Barker, 2004), observasi teleskopis Galileo (Osterhage, 2018; Petzold dkk., 2024), empirisme induktif Bacon (Jalobeanu, 2024; Müller-Wille & Charmantier, 2012), dan rasionalisme metodis Descartes (Sullivan, 2006; Watson, 2014) menunjukkan bahwa pengetahuan ilmiah berkembang melalui interaksi antara data empiris dan konstruksi rasional. Dengan demikian, perkembangan metode ilmiah tidak dapat ditempatkan secara sederhana dalam oposisi antara empirisme dan rasionalisme. Keduanya justru semakin terlihat sebagai komponen yang saling melengkapi dalam produksi pengetahuan ilmiah.

Dalam konteks tersebut, matematisasi memiliki arti epistemologis yang penting. Penggunaan matematika memungkinkan fenomena alam tidak hanya dideskripsikan secara kualitatif, tetapi juga diukur, dimodelkan, dibandingkan, dan diprediksi (Petzold dkk., 2024; Romer, 1999; Strano, 2009). Perubahan ini memperkuat gagasan bahwa pengetahuan ilmiah memiliki karakter sistematis dan intersubjektif karena klaim mengenai fenomena dapat dikaitkan dengan prosedur pengukuran serta representasi yang dapat diperiksa kembali. Namun demikian, matematisasi tidak berarti bahwa seluruh aspek realitas dapat direduksi menjadi angka. Sebaliknya, matematika menjadi salah satu instrumen metodologis yang memungkinkan aspek tertentu dari realitas dirumuskan secara lebih presisi. Dengan demikian, perkembangan tersebut menunjukkan adanya hubungan erat antara asumsi ontologis mengenai keteraturan alam dan pilihan epistemologis untuk menggunakan pengukuran serta model matematis dalam menjelaskannya.

Perkembangan pemikiran Kant dan Comte selanjutnya memperlihatkan bahwa persoalan metode ilmiah semakin berkaitan dengan pertanyaan mengenai batas dan struktur pengetahuan manusia. Pemikiran Kant menunjukkan bahwa pengalaman empiris tidak berdiri sendiri, sebab pengalaman selalu dipahami melalui struktur rasional tertentu (Gerhardt, 2015; Russel, 2021; Swanson, 2016). Dalam konteks ini, metode ilmiah dapat dipandang sebagai proses yang melibatkan interaksi antara objek yang diamati dan kerangka konseptual yang digunakan peneliti untuk memahami objek tersebut (Cooper, 2023). Pandangan ini memberikan implikasi penting bahwa observasi tidak sepenuhnya bebas dari teori atau kerangka konseptual (Kuhn, 2012). Apa yang diamati, bagaimana fenomena dikategorikan, dan bagaimana hubungan antargejala ditafsirkan sebagian dipengaruhi oleh cara peneliti memahami objek penelitian.

Sementara itu, positivisme Comte memberikan penekanan yang lebih kuat terhadap observasi, fakta empiris, keteraturan, dan pencarian hukum umum (Pickering, 2015). Perkembangan ini memperluas pengaruh metode ilmiah dari ilmu-ilmu alam menuju studi mengenai masyarakat (Shah dkk., 2020). Secara metodologis, hal tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan metode ilmiah tidak hanya dipahami dalam konteks kemampuan menjelaskan fenomena, tetapi juga kemampuannya menghasilkan pengetahuan yang sistematis dan memungkinkan formulasi hubungan yang dapat digunakan untuk memahami atau memprediksi gejala (Trompf, 2023). Namun, jika dibaca bersama dengan perkembangan filsafat ilmu abad ke-20, positivisme juga memperlihatkan keterbatasan ketika metode ilmiah dipahami terlalu rigid sebagai pencarian fakta yang bebas dari persoalan teori, konteks, dan komunitas ilmiah (Kuhn, 2012; Shearmur & Stokes, 2016).

Kritik terhadap pandangan tersebut terlihat semakin jelas dalam pemikiran Karl Popper. Falsifikasiisme mengubah titik tekan dari upaya membuktikan kebenaran suatu teori menuju upaya menguji apakah teori tersebut dapat bertahan terhadap kemungkinan kesalahan (Popper, 2002; Shearmur & Stokes, 2016). Dalam perspektif ini, pengetahuan ilmiah memperoleh karakter ilmiahnya justru karena terbuka terhadap kritik dan kemungkinan ditolak. Temuan penelitian mengenai Popper memperlihatkan adanya perubahan mendasar dalam pemahaman epistemologi ilmiah: ilmu tidak lagi harus dipahami sebagai proses akumulasi pembenaran menuju kepastian final, tetapi sebagai proses koreksi kesalahan yang berlangsung secara terbuka dan berkelanjutan (Shearmur, 2010). Dengan demikian, ketidakpastian bukan merupakan kelemahan yang harus dihilangkan dari ilmu, melainkan bagian dari karakter pengetahuan ilmiah itu sendiri.

Pemikiran Kuhn memperluas kritik tersebut dengan menunjukkan bahwa perkembangan ilmu tidak selalu berlangsung secara kumulatif dan linear (Kindi, 1995; Kuhn, 2012). Aktivitas ilmiah berlangsung dalam suatu paradigma yang menentukan persoalan apa yang dianggap penting, metode apa yang diterima, serta bagaimana bukti ditafsirkan. Ketika anomali semakin banyak dan tidak dapat diselesaikan secara memadai dalam paradigma yang berlaku, dapat terjadi krisis dan perubahan paradigma. Dalam kerangka ini, perkembangan metode ilmiah tidak hanya ditentukan oleh prosedur teknis, tetapi juga oleh komunitas ilmiah dan kerangka konseptual yang menjadi dasar praktik ilmiah (Hedesan & Tendler, 2017). Hal ini memberikan

implikasi bahwa metode ilmiah perlu dipahami secara lebih dinamis: prosedur penelitian memang penting, tetapi prosedur tersebut selalu digunakan dalam konteks teori, bahasa, asumsi, dan komunitas pengetahuan tertentu.

Jika keseluruhan perkembangan tersebut disintesis, terdapat perubahan mendasar pada pertanyaan epistemologis yang menyertai metode ilmiah. Pada fase awal, persoalan utamanya adalah bagaimana membangun penjelasan yang rasional dan logis. Pada fase empiris, pertanyaan bergeser pada bagaimana suatu klaim dapat diuji melalui pengamatan dan eksperimen. Revolusi Ilmiah kemudian mempertemukan rasionalitas matematis dengan bukti empiris. Pencerahan memperluas persoalan pada hubungan antara struktur rasional manusia dan pengalaman, sedangkan filsafat ilmu abad ke-20 semakin mempertanyakan bagaimana teori dapat diuji, dikritik, ditolak, dan digantikan. Dengan demikian, perubahan metode ilmiah dapat dipahami sebagai perubahan bertahap dalam kriteria justifikasi pengetahuan.

Sintesis tersebut juga memperlihatkan bahwa perkembangan metode ilmiah berkaitan erat dengan tiga dimensi utama filsafat ilmu, yaitu ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Dari sisi ontologi, perubahan metode ilmiah mencerminkan perubahan dalam cara realitas dipahami. Alam pada awalnya dipahami melalui prinsip-prinsip umum dan tujuan tertentu (Hunt, 2021), kemudian semakin dipahami sebagai realitas yang memiliki keteraturan yang dapat diamati, diukur, dan dimodelkan (Romer, 1999; Tredwell & Barker, 2004). Dari sisi epistemologi, terjadi pergeseran dari dominasi argumentasi rasional menuju hubungan yang semakin kompleks antara rasionalitas, observasi, eksperimen, pengujian, kritik, dan paradigma. Sementara dari sisi aksiologi, ilmu semakin dipahami bukan hanya sebagai aktivitas untuk mengetahui, tetapi juga sebagai aktivitas yang memiliki konsekuensi praktis bagi manusia dan masyarakat (Arif, 2016; Rusu, 2012).

Dimensi aksiologis tersebut penting karena perkembangan metode ilmiah pada akhirnya tidak berlangsung dalam ruang yang bebas nilai. Pengetahuan ilmiah dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena, memecahkan persoalan, mengembangkan teknologi, dan meningkatkan kemampuan manusia dalam mengintervensi lingkungan. Orientasi praktis tersebut telah terlihat sejak Bacon yang menekankan kegunaan pengetahuan dalam memahami dan mengendalikan alam (Rusu, 2012). Dalam perkembangan ilmu modern, kemampuan ilmu untuk menghasilkan teknologi sekaligus menimbulkan konsekuensi sosial dan lingkungan memperlihatkan bahwa pertanyaan mengenai 'bagaimana memperoleh pengetahuan' perlu dilengkapi dengan pertanyaan 'untuk tujuan apa pengetahuan tersebut digunakan' (Owen dkk., 2012). Oleh sebab itu, pembahasan metode ilmiah tidak cukup jika hanya ditempatkan pada ranah epistemologi, tetapi perlu dikaitkan pula dengan tanggung jawab aksiologis ilmu.

Temuan penelitian ini juga memberikan alasan untuk mempertanyakan representasi metode ilmiah sebagai prosedur linear yang selalu dimulai dari observasi, dilanjutkan dengan hipotesis, eksperimen, verifikasi atau falsifikasi, generalisasi, dan pembentukan teori. Model tersebut berguna sebagai representasi pedagogis karena memberikan gambaran sistematis mengenai aktivitas penelitian (Anderson & Lin, 2024; Lawson, 2015), tetapi sejarah perkembangan metode ilmiah yang ditemukan dalam kajian ini menunjukkan bahwa praktik ilmu jauh lebih kompleks. Proses ilmiah dapat melibatkan interaksi antara teori dan observasi, revisi pertanyaan penelitian, pengembangan instrumen, perubahan kerangka konseptual, perdebatan komunitas ilmiah, serta reinterpretasi terhadap bukti (Hedesa & Tendler, 2017; Kuhn, 2012). Dengan demikian, model prosedural modern lebih tepat dipahami sebagai kerangka heuristik daripada sebagai gambaran tunggal mengenai bagaimana seluruh kegiatan ilmiah berlangsung.

Implikasi penting dari temuan tersebut adalah perlunya memahami metode ilmiah sebagai proses yang bersifat sistematis sekaligus reflektif. Sistematis berarti penelitian tetap membutuhkan prosedur yang jelas dalam memperoleh dan menganalisis bukti. Reflektif berarti peneliti perlu menyadari bahwa metode, teori, instrumen, dan asumsi yang digunakan dapat memengaruhi cara suatu fenomena dipahami (Kuhn, 2012).

Perspektif ini mempertemukan warisan rasionalisme, empirisme, falsifikasionisme, dan pendekatan paradigma dalam suatu pemahaman yang lebih integratif. Metode ilmiah dengan demikian bukan sekadar “langkah-langkah penelitian”, melainkan suatu praktik intelektual yang menggabungkan pengamatan, penalaran, pengujian, kritik, dan keterbukaan terhadap revisi.

Dari perspektif kontribusi ilmiah, penelitian ini menawarkan pemetaan historis yang menghubungkan perkembangan metode ilmiah dengan perubahan fondasi filosofisnya. Kontribusi tersebut terletak pada upaya memperlihatkan bahwa perubahan metodologis tidak berdiri sendiri, tetapi berkaitan dengan perubahan cara memahami realitas, sumber pengetahuan, validitas klaim, dan tujuan penggunaan ilmu. Pemetaan lima fase menunjukkan adanya pola kontinuitas: logika menyediakan struktur argumentasi; empirisme memperkuat hubungan dengan bukti; matematika meningkatkan presisi dan kemampuan pemodelan; rasionalisme memberikan struktur konseptual; falsifikasionisme memperkuat kritik terhadap teori; sedangkan perspektif paradigma menunjukkan peran komunitas dan kerangka konseptual dalam perkembangan ilmu. Oleh karena itu, perkembangan metode ilmiah lebih tepat dipahami sebagai proses akumulasi dan transformasi gagasan metodologis daripada sebagai penggantian total suatu metode oleh metode lainnya.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan keterbatasan pendekatan yang digunakan. Karena penelitian menggunakan *library research* dengan pendekatan deskriptif-analitis, kesimpulan yang dihasilkan terutama berupa sintesis konseptual dan historis berdasarkan literatur yang dikaji, bukan hasil pengujian empiris terhadap praktik ilmiah kontemporer. Selain itu, pembagian sejarah ke dalam lima fase merupakan perangkat analitis untuk memudahkan pemetaan perkembangan, sehingga tidak berarti bahwa batas antarperiode bersifat mutlak atau bahwa setiap tradisi intelektual mengalami perubahan pada waktu dan pola yang sama. Kompleksitas sejarah ilmu memungkinkan adanya perkembangan yang berlangsung secara bersamaan, saling tumpang tindih, atau bahkan mengalami pengulangan dan perdebatan yang tidak sepenuhnya dapat direpresentasikan dalam periodisasi linear.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan dapat diarahkan pada kajian yang lebih spesifik mengenai bagaimana warisan epistemologis dari berbagai fase sejarah tersebut diterapkan dalam praktik penelitian kontemporer. Kajian komparatif antara disiplin ilmu juga penting karena tidak semua bidang ilmu menggunakan prosedur metodologis yang identik. Ilmu alam, ilmu sosial, dan humaniora memiliki objek, bentuk bukti, serta standar validitas yang berbeda. Dengan demikian, perkembangan metode ilmiah yang ditemukan dalam penelitian ini dapat menjadi dasar untuk mengkaji lebih lanjut apakah terdapat prinsip epistemologis umum yang dapat berlaku lintas disiplin, sekaligus mengidentifikasi batas-batas penerapan metode tertentu pada konteks keilmuan yang berbeda.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa sejarah metode ilmiah merupakan sejarah perubahan cara manusia membangun dan mempertanggungjawabkan pengetahuan. Perubahan tersebut tidak menunjukkan bahwa satu metode secara sederhana menggantikan metode sebelumnya, tetapi memperlihatkan proses integrasi, kritik, koreksi, dan reinterpretasi terhadap berbagai cara memperoleh pengetahuan. Dari logika dan argumentasi, observasi dan eksperimen, induksi dan deduksi, hingga falsifikasi dan perubahan paradigma, metode ilmiah berkembang melalui upaya terus-menerus untuk meningkatkan kemampuan manusia dalam menjelaskan realitas sekaligus menguji keterbatasan penjelasannya sendiri. Dalam perspektif filsafat ilmu, karakter tersebut menjadikan metode ilmiah bukan sebagai prosedur yang final, melainkan sebagai praktik pengetahuan yang terbuka terhadap kritik, revisi, dan perkembangan historis.

3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa metode ilmiah berkembang melalui proses historis yang bertahap, saling bertaut, dan tidak linear, bukan sebagai prosedur tunggal yang sejak awal terbentuk utuh. Pemetaan lima fase memperlihatkan kesinambungan sekaligus pergeseran

metodologis. Fase-fase tersebut adalah demitologisasi dan penalaran logis pada masa Yunani Kuno; penguatan observasi, eksperimen, dan matematisasi dalam tradisi keilmuan Islam; perpaduan empirisme dan rasionalisme pada Revolusi Ilmiah; sintesis Kant dan positivisme Comte pada Pencerahan hingga abad ke-19; serta falsifikasi Popper dan teori paradigma Kuhn pada abad ke-20. Setiap fase tidak menggantikan fase sebelumnya secara total, melainkan mengakumulasi dan mentransformasikan gagasan metodologis yang telah ada.

Pergeseran pemikiran filosofis yang melandasinya tampak pada perubahan kriteria justifikasi pengetahuan, yaitu dari upaya membangun penjelasan yang rasional dan logis, pengujian klaim melalui pengamatan dan eksperimen, dan hubungan antara struktur rasional manusia dengan pengalaman, hingga pengujian, kritik, dan penggantian teori. Perubahan ini berkaitan erat dengan tiga dimensi filsafat ilmu. Secara ontologis, alam semakin dipahami sebagai realitas yang beraturan, dapat diamati, diukur, dan dimodelkan. Secara epistemologis, sumber dan cara menguji pengetahuan berkembang dari argumentasi rasional menuju hubungan yang kompleks antara rasio, observasi, eksperimen, kritik, dan paradigma. Secara aksiologis, ilmu dipahami memiliki konsekuensi praktis bagi manusia dan masyarakat sehingga menuntut tanggung jawab. Dengan demikian, metode ilmiah lebih tepat dipandang sebagai praktik intelektual yang sistematis sekaligus reflektif, sedangkan model prosedural modern berfungsi sebagai kerangka heuristik, bukan gambaran tunggal seluruh kegiatan ilmiah.

REFERENSI

- Adamson, P. (2018). Dialectical method in alexander of aphrodisias' treatises on fate and providence. Dalam *Oxford Studies in Ancient Philosophy, Volume 54* (hlm. 279–308). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198825128.003.0008>
- Anderson, S. T., & Lin, K. K. (2024). Chapter 3 - Scientific method. Dalam A. E. M. Eltorai, J. A. Bakal, J. M. Haglin, J. A. Abboud, & J. J. Crisco (Ed.), *Translational Orthopedics* (hlm. 13–15). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85663-8.00014-3>
- Arif, S. (2016). *Islamic Science: Paradigma, Fakta dan Agenda*. Insists.
- Benson, H. H. (2010). Socratic method. Dalam *The Cambridge Companion to Socrates* (hlm. 179–200). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CCOL9780521833424.008>
- Boudrioua, A., Chergui, M., & Rashed, R. (2020). Arabic Science of Light: The birth of modern optics and of the experimental method. *Europhysics News*, 51(3), 14–16. <https://doi.org/10.1051/epn/2020301>
- Connell, S. M. (2021). Animal Cognition in Aristotle. Dalam *The Cambridge Companion to Aristotle's Biology* (hlm. 195–210). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108181792.013>
- Cooper, A. (2023). Hypotheses in Kant's philosophy of science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 99, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2022.04.007>
- De Harven, V. (2018). RATIONAL IMPRESSIONS AND THE STOIC PHILOSOPHY OF MIND. Dalam *Philosophy of Mind in Antiquity: The History of the Philosophy of Mind: Volume 1* (Vol. 1, hlm. 214–235). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780429508219-12>
- de Jong, W. R., & Betti, A. (2010). The Classical Model of Science: A millennia-old model of scientific rationality. *Synthese*, 174(2), 185–203. <https://doi.org/10.1007/s11229-008-9417-4>
- Deb, C. (2025). Scientific method. Dalam *Translational Gastroenterology* (hlm. 9–13). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821426-8.00066-2>
- Descartes, R. (2023). Moving Toward Clarity. Dalam *The Many Faces of Philosophy: Reflections from Plato to Arendt* (hlm. 84–105). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195134025.003.0008>
- Detweiler, E. (2016). Disfiguring socratic irony. *Philosophy and Rhetoric*, 49(2), 149–172. <https://doi.org/10.1353/par.2016.0007>

- Dictionary, O. E. (t.t.). *science*, n. Oxford University Press. Diambil
<https://doi.org/10.1093/OED/9588368826>
- Fortuna, L., & Scibilia, A. (2025). Maieutic, Natural, and Artificial Forms in Automatic Control Case Study. *Information (Switzerland)*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/info16090761>
- Gerhardt, V. (2015). Kant, Immanuel (1724-1804). Dalam *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (hlm. 1–4). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.61064-4>
- Giza, P. (2017). Automated discovery systems and the inductivist controversy. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 29(5), 1053–1069. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2017.1292318>
- Hedesan, J., & Tendler, J. (2017). The structure of scientific revolutions. Dalam *The Structure of Scientific Revolutions*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781912281589>
- Hunt, I. (2021). What Greek Philosophy Means to Us Today. Dalam *Meet the Philosophers of Ancient Greece: Everything you always Wanted to know about Ancient Greek Philosophy but didn't know who to ask* (hlm. 9–11). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315249223-4>
- Ierodiakonou, K. (2018). Dialectic as a Subpart of Stoic Philosophy. Dalam *Dialectic After Plato and Aristotle* (hlm. 114–133). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108681810.006>
- Jalobeanu, D. (2024). Francis Bacon and the practices of measurement. *Annals of Science*, 81(1–2), 79–99. <https://doi.org/10.1080/00033790.2023.2282772>
- Kemendikbud, K. D. (t.t.). *Ilmu*. Diambil <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/ilmu>
- Kiefer, T. (2021). Pythagoras: C. 560 BC-c. 480 BC. Dalam *Meet the Philosophers of Ancient Greece: Everything you always Wanted to know about Ancient Greek Philosophy but didn't know who to ask* (hlm. 43–47). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315249223-13>
- Kindi, V. P. (1995). Kuhn's The Structure of Scientific Revolutions revisited. *Journal for General Philosophy of Science*, 26(1), 75–92. <https://doi.org/10.1007/BF01130927>
- Kočandrlje, R., & Couprie, D. L. (2017). Apeiron According to Theophrastus and the Doxography. Dalam R. Kočandrlje & D. L. Couprie (Ed.), *Apeiron : Anaximander on Generation and Destruction* (hlm. 33–43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49754-9_4
- Komba, M. M., & Lwoga, E. T. (2022). Systematic Review as a Research Method in Library and Information Science. Dalam *Research Anthology on Innovative Research Methodologies and Utilization Across Multiple Disciplines* (hlm. 17–31). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3881-7.ch002>
- Kuhn, T. (2012). *The structure of scientific revolutions* (4 ed.). University of Chicago Press.
- Lawson, A. E. (2015). Hypothetico-deductive Method. Dalam *Encyclopedia of Science Education* (hlm. 471–472). Springer Netherlands. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105012520021&partnerID=40&md5=58f50d68d84ccc9374beb2f0a264f0f6>
- Malink, M. (2015). The beginnings of formal logic: Deduction in aristotle's topics vs. Prior analytics. *Phronesis*, 60(3), 267–309. <https://doi.org/10.1163/15685284-12341286>
- Martin, D. R. (1984). Status of the Copernican theory before Kepler, Galileo, and Newton. *American Journal of Physics*, 52(11), 982–986. <https://doi.org/10.1119/1.13911>
- McKibbin, K. A. (2006). Systematic reviews and librarians. *Library Trends*, 55(1), 202–215. <https://doi.org/10.1353/lib.2006.0049>
- Morison, B. (2019). Theoretical nous in the posterior analytics. *Manuscripta*, 42(4), 1–43. <https://doi.org/10.1590/0100-6045.2019.V42N4.BM>
- Mueller, I. (2014). Alexander of Aphrodisias: On Aristotle Prior Analytics 1.23-31. Dalam *Alexander of Aphrodisias: On Aristotle Prior Analytics 1.23-31*. Bloomsbury Publishing Plc. <https://doi.org/10.5040/9781472551627>
- Müller-Wille, S., & Charmantier, I. (2012). Natural history and information overload: The case of Linnaeus. *Studies in History and Philosophy of Science Part C :Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 43(1), 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2011.10.021>

- Osminskaya, N. A. (2021). Language of Reality and Reality of Language in Francis Bacon's Philosoph. *Epistemology & Philosophy of Science*, 58(3), 119–131.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5840/eps202158348>
- Osterhage, W. W. (2018). Galileo Galilei: At the Threshold of the Scientific Age. Dalam *Springer Biographies: Part F5991*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91779-5>
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760.
<https://doi.org/10.1093/scipol/scs093>
- Penchevre, E. (2019). Un lemme d'analyse dont use ibn al-haytham en gnomonique, dioptrique et cinématique céleste. *Arabic Sciences and Philosophy*, 29(1), 133–156.
<https://doi.org/10.1017/S0957423918000127>
- Petzold, A. M., Dunbar, R. L., & Nichols, M. D. (2024). Bridging the gap: Understanding why scientists find it difficult to communicate their ideas. Dalam *Truth Unveiled: Navigating Science and Society in an Era of Doubt* (hlm. 181–199). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23655-6.00009-5>
- Pickering, M. (2015). Comte, Auguste (1798-1857). Dalam *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (hlm. 519–524). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.61020-6>
- Politis, V. (2021). *Plato's Essentialism: Reinterpreting the Theory of Forms*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/DOI: 10.1017/9781108986243>
- Popper, K. R. (2002). *The Logic of Scientific Discovery*. Routledge.
- Qvit, N., & Rubin, S. J. S. (2025). The History of Science. Dalam *The Ultimate Student's Guide to Scientific Research* (hlm. 4–8). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003301400-2>
- Rashed, R. (2016). Ibn al-Haytham's Scientific Research Programme. Dalam M. D. Al-Amri, M. El-Gomati, & M. S. Zubairy (Ed.), *Optics in Our Time* (hlm. 25–39). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-31903-2_2
- Remer, G. (2021). Philosophy, Rhetoric, and Politics. Dalam J. W. Atkins & T. Bénatouïl (Ed.), *The Cambridge Companion to Cicero's Philosophy* (hlm. 200–214). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/9781108241649.015>
- Rodzinsky, D. L. (2023). Mythological foundations of rationality. *Filosofiya Nauki i Tehniki*, 28(2), 120–132.
<https://doi.org/10.21146/2413-9084-2023-28-2-120-132>
- Rogers, T. J. (2024). Stoicism. Dalam *Research Handbook on the History of Political Thought* (hlm. 99–109). Edward Elgar Publishing Ltd. <https://doi.org/10.4337/9781800373808.00018>
- Romer, A. (1999). The Welcoming of Copernicus's de revolutionibus: The Commentariolus and its Reception. *Physics in Perspective*, 1(2), 157–183. <https://doi.org/10.1007/s000160050014>
- Rossberg, M., & Shapiro, S. (2021). Logic and science: science and logic. *Synthese*, 199(3–4), 6429–6454.
<https://doi.org/10.1007/s11229-021-03076-w>
- Russel, B. (2021). *Sejarah Filsafat Barat* (S. Jatmiko, Ed.). Pustaka Pelajar.
<https://books.google.co.id/books?id=sIHMdQ4X8GkC&lpq=PP1&hl=id&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Rusu, D.-C. (2012). Francis Bacon: Constructing natural histories of the invisible. *Early Science and Medicine*, 17(1–2), 112–133. <https://doi.org/10.1163/157338212X631800>
- Sgarbi, M. (2013). The Reformers of Aristotelian Logic. Dalam M. Sgarbi (Ed.), *The Aristotelian Tradition and the Rise of British Empiricism: Logic and Epistemology in the British Isles (1570–1689)* (hlm. 167–195). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4951-1_9
- Shah, N. A., Khan, A., Ahmad, P., & Arshad, M. (2020). The Use of Empiricism, Rationalism and Positivism in Library and Information Science Research. *Library Philosophy and Practice*, 2020, 1–14.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098869080&partnerID=40&md5=1ce193aa554f3f754a9cab707e77a941>

-
- Shearmur, J. (2010). Karl Popper: The logic of scientific discovery. Dalam *Central Works of Philosophy Volume 4: The Twentieth Century: Moore to Popper* (hlm. 262–286). Acumen Publishing Limited. <https://doi.org/10.1017/UPO9781844653614.015>
- Shearmur, J., & Stokes, G. (2016). The Cambridge companion to popper. Dalam *The Cambridge Companion to Popper*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CCO9781139046503>
- Strano, G. (2009). Galileo's telescope: History, scientific analysis, and replicated observations. *Experimental Astronomy*, 25(1–3), 17–31. <https://doi.org/10.1007/s10686-009-9142-0>
- Sullivan, R. (2006). Plotting the life of descartes. *Physics World*, 19(5), 42. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/19/5/40>
- Swanson, L. R. (2016). The predictive processing paradigm has roots in Kant. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10(OCT). <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00079>
- Tredwell, K. A., & Barker, P. (2004). Copernicus' first friends: Physical Copernicanism from 1543 to 1610. *Filozofski Vestnik*, 25(2), 143-166+194. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-61449359486&partnerID=40&md5=655a0ee9d13926bf77b0c9bcc466e018>
- Trompf, G. W. (2023). Auguste Comte's Classification of the Sciences. *Knowledge Organization*, 50(2), 128–152. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2023-2-128>
- Ünal, B. Ç., Karakök, T., & Kabacelik, I. (2026). Revolutionizing optics in the middle ages: The enduring scientific legacy of Ibn al-Haytham and Roger Bacon. *Indian Journal of History of Science*, 61(2), 246–253. <https://doi.org/10.1007/s43539-026-00214-6>
- Watson, R. A. (2014). Descartes, René (1596–1650). Dalam *The Encyclopedia of Political Thought* (hlm. 1–5). wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118474396.wbept0262>
- Yildirim, S. (2023). ABŪ 'ALĪ AL-HASAN IBN AL-HAYTHAM: Dark Days in Captivity and the Quest for Light and Truth. Dalam *Great Muslim Leaders: Lessons for Education* (hlm. 1–10). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/979-8-88730-183-920251002>