

Volume 1 ; Issue 1 24.05.2026

# Dari Miletus ke Sains Modern

Devandi Firzatullah

---

*Sebuah esai sejarah pemikiran dari filsafat alam Yunani kuno menuju fondasi  
sains modern.*

## **ABSTRAK**

---

Sejarah filsafat tidak mungkin dijelaskan secara sempurna dalam esai ringkas karena luasnya detail dan kompleksitas pemikiran para filsuf. Namun tujuan esai ini memang bukan untuk menjadi ensiklopedia lengkap, melainkan sebagai pengantar awal untuk memahami alur perkembangan filsafat Barat beserta problem-problem pokok yang dibahas di dalamnya, sampai menemukan titik temu dengan pemahaman sains secara modern. Mazhab Milesian adalah aliran filsafat Yunani Kuno yang muncul di kota Miletus, sebuah kota di Asia Kecil, sekitar abad ke-6 sebelum Masehi. Para filsuf Milesian merupakan pemikir pertama yang berusaha memahami alam semesta dengan rasio, bukan lagi melalui mitologi atau kisah dewa-dewi. Mereka mencoba mencari prinsip dasar atau asas pertama (archê) dari seluruh realitas. Mazhab ini terdiri terutama dari tiga tokoh utama, yaitu Thales, Anaximander, dan Anaximenes. Ketiganya hidup di Miletus dan memiliki tujuan yang sama, yaitu menjelaskan asal-usul dunia secara rasional. Perbedaan mereka terletak pada apa yang dianggap sebagai dasar utama dari segala sesuatu. "Apa hakikat dasar dari seluruh realitas? Dan apakah realitas memiliki satu prinsip universal?" Ini adalah problem utama yang secara utuh dibuka oleh para pemikir Milesian.

## **PENDAHULUAN**

---

Mazhab Milesian merupakan salah satu tonggak terpenting dalam sejarah filsafat Barat karena untuk pertama kalinya manusia berupaya menjelaskan asal-usul dan struktur alam semesta melalui pendekatan rasional. Dengan menjadikan alam sebagai objek penyelidikan rasional, para filsuf Milesian membuka jalan bagi lahirnya tradisi filsafat dan ilmu pengetahuan yang berkembang pada masa-masa berikutnya.

# Bab I: Mazhab Milesian sebagai pintu gerbang Filsafat Alam

---

## 1. Thales: The Father of Philosophy

Thales diperkirakan lahir sekitar tahun 630 SM di kota pelabuhan Ionia, yaitu Miletus, yang berada di muara Sungai Meander dan sekarang termasuk wilayah Provinsi Aydin di Turki modern. Ia dikenal sebagai filsuf pertama dalam tradisi filsafat Barat sehingga memperoleh julukan sebagai “Bapak Filsafat”. Selain itu, Thales juga termasuk salah satu dari tujuh orang bijak Yunani kuno yang hidup pada rentang abad ke-7 hingga abad ke-6 sebelum Masehi. Informasi mengenai kehidupannya sebagian besar diketahui melalui tulisan para tokoh sesudahnya seperti Herodotus dan Aristoteles karena tulisan asli Thales sendiri tidak pernah dipublikasikan. Pada masa sebelumnya, masyarakat Yunani masih menjelaskan berbagai fenomena alam melalui dongeng, mitos, dan kisah-kisah para dewa. Thales dan para filsuf awal Ionia mulai menunjukkan bahwa akal manusia tidak merasa puas terhadap penjelasan yang irasional dan tidak dapat dibuktikan oleh akal sehat. Mereka berusaha memahami alam melalui pemikiran logis dan pengamatan terhadap realitas.

Dalam pemikirannya mengenai alam semesta, Thales berusaha mencari substansi dasar yang menjadi asal mula segala sesuatu. Ia berpendapat bahwa Alam terbentuk dari air. Gagasan ini lahir dari pengamatannya terhadap kehidupan di bumi yang seluruhnya sangat bergantung pada air. Manusia, hewan, dan tumbuhan membutuhkan air untuk hidup dan tumbuh. Dari pengamatan tersebut, Thales menyimpulkan bahwa air merupakan unsur paling mendasar dan menjadi pokok dari seluruh kehidupan. Air dipahami sebagai prinsip dasar segala sesuatu dan menjadi inti dari alam semesta. Menurut Thales, air memiliki kemampuan untuk mengalir dan membentuk dirinya sendiri tanpa hambatan dari luar, sehingga air dipandang sebagai unsur yang paling fundamental dalam pembentukan alam. Pandangan Thales mengenai air juga dipengaruhi oleh pengalamannya mempelajari bangsa Mesir. Ia melihat bagaimana masyarakat Mesir sangat bergantung pada Sungai Nil sebagai sumber kehidupan. Sungai Nil menjadi pusat kehidupan masyarakat Mesir karena menopang pertanian, keberlangsungan hidup manusia, dan perkembangan peradaban mereka. Dari pengamatan tersebut Thales semakin meyakini bahwa air merupakan komponen utama pembangun alam dan unsur yang paling penting dalam kehidupan manusia maupun alam semesta secara keseluruhan.

Pemikiran Thales menunjukkan usaha untuk melepaskan diri dari cara berpikir mitologis. Ia tidak lagi menjelaskan pembentukan alam melalui tindakan para dewa atau kekuatan supranatural, melainkan melalui unsur alam yang nyata dan dapat diamati. Dalam konteks ini, Thales dianggap telah menjauhi mitos-mitos yang berkembang dalam masyarakat Yunani kuno dan mulai menggunakan logika serta rasionalitas sebagai dasar berpikir. Selain berpendapat bahwa air merupakan dasar dari alam semesta, Thales juga memiliki pandangan bahwa segala sesuatu di jagat raya memiliki jiwa. Menurutnya, bukan hanya makhluk hidup yang memiliki jiwa, tetapi benda mati pun memiliki daya hidup tertentu. Pandangan ini didasarkan pada pengamatannya terhadap magnet yang

mampu menarik besi. Kemampuan magnet untuk bergerak dan menarik benda lain dipahami oleh Thales sebagai tanda adanya kekuatan hidup di dalam benda tersebut. Dengan demikian, alam menurut Thales bukanlah sesuatu yang sepenuhnya mati, melainkan memiliki daya dan kekuatan yang bekerja di dalamnya.

## **2. Anaximander: About Infinity Apeiron**

Anaximander merupakan filsuf Yunani kuno yang berasal dari kota Miletus dan hidup sekitar abad ke-6 sebelum Masehi. Ia dikenal sebagai murid sekaligus penerus pemikiran Thales dalam tradisi filsafat Milesian. Dalam berbagai sumber kuno, Anaximander disebut sebagai putra Praxiades dan menjadi salah satu tokoh penting dalam perkembangan awal filsafat alam Yunani. Pemikiran utama Anaximander berpusat pada konsep yang disebut sebagai apeiron, yakni sesuatu yang tak terbatas, tak terhingga, dan tidak dapat ditentukan bentuknya secara konkret. Menurut Anaximander, asal mula seluruh realitas bukanlah air seperti yang dikemukakan Thales, melainkan apeiron yang bersifat abadi, tidak hancur, dan menjadi sumber dari segala sesuatu di alam semesta. Ia berpendapat bahwa semua dunia dan langit berasal dari apeiron dan pada akhirnya akan kembali kepadanya ketika mengalami kehancuran. Dengan demikian, apeiron dipahami sebagai prinsip kosmis universal yang melahirkan seluruh keberadaan. Anaximander juga menolak pandangan kosmogoni mitologis yang menjelaskan penciptaan dunia melalui hubungan seksual antar dewa. Ia menganggap bahwa alam memiliki mekanisme internal yang bekerja secara mandiri. Menurut penjelasannya, dari apeiron muncul berbagai pasangan unsur yang saling berlawanan seperti panas dan dingin, kering dan lembap. Unsur-unsur yang berlawanan ini kemudian terpisah dan membentuk struktur kosmos. Dari proses tersebut lahirlah laut, daratan, udara, api, serta benda-benda langit seperti matahari, bulan, dan bintang-bintang. Dalam kosmologi Anaximander, alam semesta bergerak melalui proses yang terus berlangsung tanpa akhir. Ia percaya bahwa dunia-dunia tidak hanya satu, melainkan jumlahnya tak terbatas. Dunia-dunia tersebut lahir dari apeiron, berkembang, lalu hancur dan kembali lagi ke dalam apeiron dalam suatu siklus abadi. Pandangan ini menunjukkan bahwa Anaximander telah membayangkan konsep pluralitas dunia dan kosmos yang sangat luas jauh sebelum berkembangnya kosmologi modern.

Anaximander berpandangan bahwa unsur-unsur yang saling bertentangan berada dalam konflik abadi. Api dan air, panas dan dingin, tidak dapat berada dalam keadaan harmonis secara permanen karena masing-masing saling mendominasi dan menggantikan satu sama lain. Namun pergantian tersebut berlangsung menurut suatu keteraturan kosmis yang disebut sebagai "keadilan". Selain itu, Anaximander memiliki pandangan kosmologis mengenai struktur dunia. Ia menempatkan bumi di pusat dunia dan menganggap bumi berada dalam keseimbangan karena jaraknya yang sama terhadap seluruh sisi alam semesta. Dalam beberapa penafsiran, ia menggambarkan alam semesta berbentuk bulat dengan benda-benda langit bergerak mengelilingi bumi. Meski demikian, ia tidak memandang bumi sebagai pusat dari keseluruhan eksistensi, sebab menurutnya masih terdapat banyak dunia lain yang tersebar dalam semesta yang tak terbatas.

Pemikiran Anaximander dianggap sangat penting dalam sejarah filsafat karena ia membawa filsafat alam menuju tingkat abstraksi yang lebih tinggi dibanding para

pendahulunya. Jika Thales masih menggunakan unsur konkret seperti air sebagai prinsip dasar realitas, maka Anaximander mulai memperkenalkan prinsip metafisis yang tidak dapat dilihat secara langsung. Melalui konsep apeiron, ia membuka jalan bagi perkembangan metafisika, kosmologi, dan pemikiran filosofis mengenai ketakterhinggaan alam semesta yang kemudian memengaruhi banyak filsuf sesudahnya.

### **3. Anaximenes: Elements of Nature from the Air**

Anaximenes merupakan salah satu filsuf alam dari mazhab Milesian yang hidup sekitar tahun 585–494 SM dan dikenal sebagai murid dari Anaximander. Ia melanjutkan tradisi filsafat alam yang sebelumnya dikembangkan oleh Thales dan Anaximander, yaitu usaha memahami hakikat alam semesta melalui akal dan penalaran rasional. Dalam perkembangan filsafat Yunani Kuno, Anaximenes muncul pada masa ketika masyarakat Yunani mulai meninggalkan pola pikir mitologis yang menjelaskan alam sebagai hasil tindakan dewa-dewa. Bersama para filsuf Milesian lainnya, ia berusaha mencari prinsip dasar alam yang dapat dijelaskan secara logis dan berdasarkan pengamatan terhadap realitas. Sebagai seorang filsuf alam, Anaximenes berpendapat bahwa udara atau aer merupakan prinsip dasar dari seluruh keberadaan di alam semesta. Berbeda dengan Thales yang memilih air sebagai unsur utama dan Anaximander yang mengemukakan konsep apeiron yang abstrak, Anaximenes menganggap udara sebagai unsur yang paling mendasar karena sifatnya yang tidak tampak, meliputi seluruh dunia, dan selalu hadir dalam kehidupan manusia. Menurutnya, udara merupakan substansi asli yang melalui proses perubahan tertentu dapat membentuk seluruh unsur lain di alam.

Anaximenes menjelaskan bahwa udara mengalami dua proses utama, yaitu pemadatan dan pengenceran. Ketika udara mengalami pengenceran, ia berubah menjadi api, sedangkan ketika mengalami pemadatan secara bertahap, udara berubah menjadi angin, awan, air, tanah, hingga batu. Dengan demikian, seluruh fenomena alam menurut Anaximenes sebenarnya berasal dari satu substansi yang sama, yaitu udara, yang mengalami perubahan tingkat kepadatan. Pandangan ini menunjukkan usaha rasional untuk menjelaskan terbentuknya alam semesta tanpa melibatkan kisah mitologis atau campur tangan dewa-dewa. Selain menjadikan udara sebagai prinsip dasar kosmos, Anaximenes juga menghubungkan udara dengan kehidupan manusia. Ia berpendapat bahwa jiwa manusia tersusun dari udara dan menjadi kekuatan yang mempertahankan kehidupan tubuh. Sebagaimana jiwa menjaga manusia tetap hidup, udara juga menjaga dan menopang keseluruhan alam semesta. Karena itu, udara dipahami bukan hanya sebagai unsur fisik, tetapi juga sebagai prinsip kehidupan yang menghidupkan seluruh kosmos.

Pemikiran Anaximenes memperlihatkan perubahan besar dalam sejarah pemikiran Yunani, yaitu peralihan dari pola pikir mitosentris menuju logosentris. Pada masa sebelumnya, masyarakat Yunani menjelaskan fenomena alam seperti hujan, petir, gempa bumi, dan perubahan alam melalui kehendak para dewa. Namun Anaximenes dan para filsuf alam mencoba menunjukkan bahwa fenomena-fenomena tersebut sebenarnya dapat dipahami melalui hubungan sebab-akibat dan prinsip-prinsip alamiah yang rasional.

Mazhab filsafat Milesian pada akhirnya tidak hanya dapat dipahami sebagai tahap awal perkembangan filsafat Yunani, melainkan sebagai titik revolusioner dalam sejarah

intelektual manusia. Melalui upaya Thales of Miletus, Anaximander, dan Anaximenes dalam mencari prinsip dasar kosmos (archê), pemikiran manusia mulai bergerak dari penjelasan mitologis menuju pendekatan rasional dan naturalistik. Alam semesta tidak lagi dipahami sebagai ruang yang sepenuhnya ditentukan oleh kehendak dewa-dewa, tetapi sebagai realitas yang memiliki keteraturan, hukum, dan struktur yang dapat dipahami melalui akal manusia. Dalam konteks inilah mazhab Milesian menjadi fondasi bagi lahirnya kosmologi filosofis, ontologi, serta tradisi pemikiran ilmiah di dunia Barat. Meskipun gagasan-gagasan mereka masih bersifat spekulatif dan sederhana jika dibandingkan dengan perkembangan filsafat maupun sains modern, keberanian mereka untuk mempertanyakan hakikat realitas secara rasional merupakan kontribusi fundamental yang menjadikan mazhab ini sebagai awal dari sejarah filsafat Barat itu sendiri.

## Bab II: Filsafat Alam, Platonisme, dan Aristotelian

---

### 1. Heraclitus: Logos

Heraclitus merupakan salah satu filsuf terbesar dari tradisi Ionian yang hidup pada awal abad ke-5 SM di kota Ephesus. Heraclitus memiliki karakter melankolis dengan kepribadian yang ditandai oleh kejujuran, kelembutan, keluasan pikiran, kekuatan, dan kemurahan jiwa. Ia menjalani kehidupan yang cenderung asketis dan menyendiri di pegunungan sambil terus melakukan refleksi terhadap dirinya sendiri. Meskipun karya aslinya hanya tersisa dalam bentuk fragmen-fragmen pendek berbahasa Ionia, pemikirannya memberikan pengaruh yang sangat luas terhadap perkembangan filsafat, sastra, dan spiritualitas Barat, mulai dari Plato, Aristoteles, kaum Stoa, hingga pemikir modern seperti Friedrich Nietzsche, Søren Kierkegaard, dan Martin Heidegger. Heraclitus dikenal sebagai “the obscure philosopher” karena gaya tulisannya yang sangat padat, simbolis, penuh metafora, aforisme, dan sering kali memiliki makna yang gelap serta sulit dipahami. Konsep filsafat Heraclitus berpusat pada Logos, yaitu prinsip universal yang mengatur seluruh realitas. Logos merupakan “Word” atau hukum rasional kosmis yang bersifat abadi dan universal, yang menjadi dasar keteraturan alam semesta sekaligus sumber pengetahuan manusia. Segala sesuatu terjadi sesuai dengan Logos, dan manusia hanya dapat mencapai kebijaksanaan sejati apabila mampu memahami bahwa “all is one”, yakni bahwa seluruh realitas pada hakikatnya merupakan satu kesatuan yang saling terhubung. Heraclitus menolak penjelasan kosmologis dan kosmogonis yang bersifat mitologis seperti yang dikemukakan oleh Hesiod, lalu menggantikannya dengan pendekatan rasional yang menempatkan Logos sebagai sumber penciptaan dan pengatur seluruh kosmos. Logos tidak hanya mengatur fenomena-fenomena alam, tetapi juga mengendalikan gagasan, hukum, dan kehidupan manusia. Oleh sebab itu, Heraclitus menekankan bahwa manusia harus “mendengarkan Logos” agar mampu memahami kebenaran yang tersembunyi di balik perubahan dunia. Selain Logos, Heraclitus juga memberikan perhatian besar terhadap konsep jiwa atau psyche. Dalam perspektifnya, jiwa manusia bersifat sangat dalam dan tidak memiliki batas yang dapat sepenuhnya dijangkau. Jiwa bukan hanya sumber kehidupan, tetapi juga sumber rasio dan pengendalian diri. Heraclitus memandang bahwa jiwa harus dimurnikan dari hawa nafsu, kesombongan, dan hybris karena kesombongan dianggap lebih berbahaya daripada api yang menyala. Jiwa yang “kering” atau terbebas dari hasrat dipandang lebih bijaksana dan lebih dekat pada kebenaran. Ia juga menekankan bahwa karakter manusia menentukan nasibnya sendiri, sementara orang-orang terbaik adalah mereka yang memilih jalan kebijaksanaan dan menghargai nilai-nilai abadi dibandingkan kesenangan sementara. Dalam konteks ini, Heraclitus menghubungkan kebijaksanaan dengan pengenalan diri dan pengendalian batin, sehingga filsafatnya tidak hanya bersifat kosmologis tetapi juga etis dan eksistensial.

Salah satu gagasan paling terkenal dari Heraclitus adalah konsep “unity of opposites” atau kesatuan dari hal-hal yang berlawanan. Menurutnya, pertentangan bukanlah sesuatu yang menghancurkan harmoni, melainkan justru menciptakan keseimbangan kosmis. Ia menyatakan bahwa “jalan naik dan jalan turun adalah jalan yang sama”, serta

bahwa awal dan akhir pada lingkaran sesungguhnya bertemu dalam satu titik yang sama. Hidup dan mati, panas dan dingin, muda dan tua, semuanya saling berubah satu sama lain dalam proses yang terus berlangsung. Dalam pembahasan ini dijelaskan bahwa realitas merupakan lingkaran transformasi yang tidak pernah berhenti, sehingga keberadaan dan kehancuran sebenarnya saling berkaitan. Heraclitus juga meyakini adanya "hidden harmony", yakni harmoni tersembunyi yang lebih kuat daripada harmoni yang tampak di permukaan. Alam, menurutnya, menyukai kerahasiaan dan tidak menampilkan hakikat terdalamnya secara langsung kepada manusia. Pemikiran Heraclitus tentang perubahan dan relativitas menjadi inti utama filsafatnya. Ia menyatakan bahwa "everything is in flux", segala sesuatu selalu bergerak dan berubah tanpa henti. Konsep ini digambarkan melalui analogi sungai, di mana seseorang tidak dapat masuk ke sungai yang sama dua kali karena airnya terus mengalir dan berubah. Alam semesta berada dalam keadaan keseimbangan dinamis, atau tidak ada stabilitas mutlak dalam realitas. Gerak, perubahan, transformasi, dan pertukaran energi merupakan hukum universal yang menguasai seluruh keberadaan. Bahkan benda-benda yang tampak diam sesungguhnya tetap mengalami perubahan. Pandangan ini menjadikan Heraclitus sebagai salah satu filsuf pertama yang memahami realitas sebagai proses yang terus bergerak dan bukan sebagai sesuatu yang tetap.

Dalam kosmologinya, Heraclitus menjadikan api sebagai prinsip dasar seluruh realitas. Api dipahami bukan sekadar unsur material, melainkan simbol energi kosmis yang hidup dan terus berubah menjadi segala sesuatu. Api adalah kekuatan produktif yang melahirkan seluruh keberadaan dan sekaligus mengembalikan semuanya ke dalam dirinya. Pembahasan ini menjelaskan bahwa api memiliki hubungan erat dengan cahaya, matahari, dan waktu. Matahari dipandang sebagai api abadi yang menjadi pengatur waktu dunia, penentu siang dan malam, serta sumber cahaya yang memungkinkan kehidupan berlangsung. Heraclitus juga menghubungkan cahaya dengan kebenaran dan kesadaran spiritual; manusia yang tidak mampu melihat "matahari spiritual" akan hidup dalam kegelapan batin. Dalam pemikirannya, energi selalu diperbarui sebagaimana matahari yang selalu baru setiap hari, sehingga seluruh kosmos merupakan proses transformasi energi yang terus-menerus. Heraclitus juga membahas konsep kebijaksanaan secara mendalam. Ia menolak gagasan bahwa pengetahuan semata sudah cukup untuk mencapai hikmat. Menurutnya, belajar bukanlah jalan utama menuju kebijaksanaan apabila tidak disertai pemahaman mendalam terhadap realitas. Kebijaksanaan sejati diperoleh melalui pengalaman, refleksi, penyelidikan terhadap alam, dan kemampuan memahami keteraturan universal yang tersembunyi di balik dunia. Ia menegaskan bahwa berpikir merupakan kemampuan yang dimiliki semua manusia, tetapi hanya sedikit yang mampu menggunakan akal budinya untuk mencapai kebenaran. Oleh karena itu, manusia harus mengenal dirinya sendiri dan mengembangkan "sound thinking", yakni pemikiran yang jernih dan sesuai dengan hakikat realitas. Kebijaksanaan, bagi Heraclitus, adalah kesatuan pikiran yang menuntun dan menembus seluruh keberadaan. Selain itu, Heraclitus memandang dunia sebagai siklus kosmis yang terus berulang. Segala sesuatu muncul dari api dan kembali ke api dalam putaran abadi. Pergantian siang dan malam, musim panas dan musim dingin, panas dan dingin, semuanya menunjukkan adanya pengulangan universal dalam kosmos. Energi berubah menjadi materi dan materi kembali menjadi energi. Berdasarkan pandangan ini, Heraclitus menempatkan

Logos, Truth, Nature, dan Eternity sebagai prinsip-prinsip eksistensial utama dari Being atau keberadaan itu sendiri. Karena penekanannya terhadap keberadaan manusia, perubahan, dan pencarian makna hidup, pembahasan ini menempatkan Heraclitus sebagai salah satu pelopor filsafat eksistensial yang gagasannya kembali dihidupkan dalam filsafat modern.

Heraclitus menegaskan bahwa kemakmuran tidak identik dengan kekayaan materi, melainkan bergantung pada nilai-nilai spiritual seperti kebijaksanaan, kejujuran, penerangan jiwa, pengenalan diri, dan harmoni batin. Menurutnya, persoalan terbesar masyarakat bukan hanya krisis ekonomi, tetapi juga hilangnya kebijaksanaan dan meningkatnya kesombongan manusia. Oleh sebab itu, Heraclitus menekankan pentingnya pemurnian jiwa, kesederhanaan hidup, dan kekuatan intelektual serta spiritual agar manusia mampu mempertahankan martabatnya di tengah perubahan dunia yang terus berlangsung.

## **2. Parmenides: Yang Ada dan Jalan Kebenaran**

Parmenides dari Elea (ca. 515–450 SM) merupakan salah satu filsuf pra-Sokratik yang sangat berpengaruh dalam perkembangan metafisika Barat. Ia lahir di kota Elea, Italia Selatan, yang pada abad ke-6 SM dikenal sebagai pusat perkembangan filsafat dan ilmu pengetahuan. Parmenides hidup sesudah Thales dan Anaximander, namun mendahului Herakleitos dan Plato. Pemikirannya terutama tertuang dalam puisi filosofis *Peri Physeōs* ("Tentang Alam"), yang walaupun hanya tersisa dalam bentuk fragmen-fragmen, tetap menjadi fondasi penting bagi tradisi filsafat berikutnya. Dalam karya tersebut, Parmenides membagi jalur pemikiran ke dalam dua jalan, yaitu *Aletheia* (Jalan Kebenaran) dan *Doxa* (Jalan Opini). Pada Jalan Kebenaran, ia menyatakan bahwa "Yang Ada" (*To On*) bersifat satu, kekal, tidak berubah, tidak terbagi, dan mustahil mengalami kehancuran ataupun penciptaan. Menurutnya, sesuatu yang "ada" tidak mungkin berasal dari "yang tidak ada," karena ketiadaan tidak dapat dipikirkan maupun diucapkan tanpa menimbulkan kontradiksi logis. Oleh sebab itu, perubahan, pertumbuhan, kehancuran, dan keragaman yang tampak dalam pengalaman sehari-hari dianggap hanya sebagai ilusi inderawi semata. Sebaliknya, akal dan logos menjadi sarana utama untuk mencapai realitas sejati yang konsisten dan bebas kontradiksi.

Herakleitos berpendapat bahwa segala sesuatu senantiasa berubah (*panta rhei*), sedangkan Parmenides justru menolak perubahan total dan menegaskan bahwa realitas sejati bersifat tetap. Pertentangan ini diilustrasikan melalui analogi dua pelaut: "Herakleitos memandang lautan sebagai sesuatu yang terus bergerak melalui ombak dan arusnya, sementara Parmenides menekankan bahwa hakikat lautan tetap satu dan tidak berubah, sedangkan gelombang hanyalah penampakan permukaan." Perdebatan ini membuka persoalan mendasar dalam filsafat: "apakah realitas harus dipahami melalui fenomena inderawi yang selalu berubah atau melalui struktur rasional yang tetap dan konsisten." Dari sini, Parmenides juga memperkenalkan fondasi monisme metafisik, yaitu pandangan bahwa seluruh realitas pada dasarnya merupakan satu kesatuan. Selain itu, ia menempatkan logika sebagai prinsip utama filsafat, sehingga sesuatu yang tidak dapat dipikirkan secara konsisten dianggap tidak mungkin memiliki keberadaan sejati.

Pengaruh Parmenides terhadap pemikir sesudahnya sangat besar, terutama terhadap Plato dan Aristoteles. Plato, melalui dialog Parmenides, menjadikan Parmenides sebagai pengkritik awal teori Dunia Bentuk (World of Forms), sehingga memaksa Plato memperhalus relasi antara dunia ide yang abadi dengan dunia empiris yang berubah. Aristoteles juga mengakui pentingnya logika Parmenides, khususnya prinsip non-kontradiksi sebagai dasar ilmu pengetahuan, walaupun ia menolak monisme mutlak Parmenides karena pengalaman empiris menunjukkan bahwa substansi tetap dapat mempertahankan identitasnya sambil mengalami perubahan aksidental. Pengaruh Parmenides juga berlanjut pada tradisi Neoplatonisme melalui Plotinus yang menghubungkan konsep kesatuan Parmenides dengan "The One," serta pada filsafat Islam klasik melalui Al-Farabi yang menggabungkan monisme Parmenides dengan metafisika Aristotelian. Dalam filsafat modern dan kontemporer, pemikiran Parmenides dibaca kembali oleh Martin Heidegger, Jean-Paul Sartre, dan Ludwig Wittgenstein.

### **3. Pythagoras: Angka sebagai Dasar Realitas**

Pythagoras adalah filsuf, matematikawan, dan pemimpin spiritual Yunani kuno yang lahir di Pulau Samos sekitar tahun 570 SM. Ayahnya bernama Mnesarchus, seorang pedagang kaya, sedangkan ibunya bernama Pythais. Karena berasal dari keluarga berada, ia memperoleh pendidikan yang baik sejak kecil dan dikenal sangat haus akan pengetahuan. Dalam hidupnya, Pythagoras melakukan perjalanan ke berbagai wilayah seperti Mesir, Babilonia, dan kemungkinan India. Di Mesir ia mempelajari geometri, agama, dan ritus spiritual. Di Babilonia ia mendalami astronomi dan matematika, sedangkan di India ia diduga mempelajari konsep reinkarnasi dan spiritualitas. Setelah kembali ke Yunani dan melihat kondisi politik di Samos yang tidak stabil, ia pindah ke Croton di Italia Selatan dan mendirikan komunitas Pythagorean. Konsep filsafat utama Pythagoras adalah keyakinan bahwa angka merupakan inti dari seluruh realitas. Ia percaya bahwa alam semesta dapat dijelaskan melalui hubungan matematis dan harmoni angka. Pandangan ini dikenal sebagai Numerologi Pythagoras.

Teorema Pythagoras:  $a^2 + b^2 = c^2$

Teorema ini menjelaskan bahwa dalam segitiga siku-siku, kuadrat sisi miring sama dengan jumlah kuadrat dua sisi lainnya. Walaupun hubungan tersebut kemungkinan sudah diketahui oleh bangsa Babilonia dan Mesir, Pythagoras dan murid-muridnya dianggap sebagai pihak pertama yang membuktikannya secara geometris dan sistematis.

Pythagoras serta pengikutnya mengembangkan studi mendalam mengenai teori bilangan, antara lain Bilangan prima, Bilangan sempurna seperti 6 dan 28, Bilangan geometris seperti bilangan segitiga dan persegi, juga Bilangan rasional dan irasional. Penemuan bahwa akar dua merupakan bilangan irasional sangat mengejutkan pada zamannya karena bertentangan dengan keyakinan bahwa semua angka dapat dinyatakan secara rasional. Ia juga menemukan hubungan antara musik dan matematika, yakni interval musik dapat dijelaskan melalui rasio angka sederhana, misalnya 2:1 untuk oktaf. Dari sini lahir gagasan bahwa alam semesta memiliki harmoni matematis.

Pythagoras juga memperkenalkan konsep bahwa dunia merupakan “kosmos”, yaitu sistem yang teratur, harmonis, dan indah. Ia adalah salah satu tokoh pertama yang menyatakan bahwa bumi berbentuk bulat dan bergerak dalam keteraturan kosmik. Ia juga mengembangkan gagasan terkenal tentang “musik sfera” (harmony of the spheres), yaitu keyakinan bahwa gerakan planet dan benda langit menghasilkan harmoni kosmik seperti musik universal. Walaupun bersifat metaforis, konsep ini memengaruhi astronom seperti Johannes Kepler dalam teorinya mengenai orbit planet.

Pythagoras percaya bahwa jiwa manusia bersifat abadi dan akan mengalami transmigrasi atau reinkarnasi setelah kematian. Konsep ini diduga dipengaruhi oleh tradisi Mesir dan India. Ia mengajarkan bahwa kehidupan yang baik adalah kehidupan yang harmonis, seimbang, dan selaras dengan hukum alam. Ajaran etikanya meliputi hidup sederhana, menjauhi materialisme, disiplin moral, pengendalian diri, dan refleksi spiritual. Pythagoras juga melarang pengikutnya memakan daging karena percaya semua makhluk hidup memiliki jiwa. Gagasan ini kemudian dipandang sebagai salah satu bentuk awal etika lingkungan dan empati terhadap makhluk hidup (Vegetarian).

Filsuf selanjutnya, Plato, sangat dipengaruhi oleh Pythagoras, terutama gagasan bahwa realitas memiliki struktur matematis dan harmonis. Konsep dunia ide Plato berkembang dari pandangan Pythagoras mengenai keteraturan universal. Aristoteles juga menerima pengaruh dari pemikiran Pythagoras tentang prinsip-prinsip dasar realitas dan kosmos. Bahkan, Filsuf Neoplatonis seperti Plotinus menghidupkan kembali konsep harmoni kosmik dan spiritualitas numerik Pythagoras. Pengaruh ini kemudian masuk ke filsafat Kristen, Islam, dan Yahudi abad pertengahan. Pythagoras merupakan tokoh yang berhasil menyatukan matematika, filsafat, etika, agama, musik, dan spiritualitas dalam satu pandangan dunia yang harmonis. Ia bukan hanya peletak dasar matematika dan geometri modern, tetapi juga pemikir yang membentuk perkembangan filsafat Barat, kosmologi, pendidikan humaniora, mistisisme, dan sains modern. Warisannya tetap hidup melalui teorema matematika, teori harmoni, konsep kosmos, pendidikan holistik, dan gagasan bahwa realitas memiliki keteraturan rasional yang dapat dipahami manusia melalui angka dan harmoni.

#### **4. Democritus: Gagasan Awal tentang Atom**

Democritus merupakan filsuf Yunani dari Abdera yang diperkirakan lahir sekitar 460–457 SM. Ia berasal dari keluarga kaya dan berpengaruh. Democritus dikenal sebagai tokoh yang sangat tekun dalam belajar dan penelitian. Diogenes Laertius menggambarkannya sebagai seorang filsuf yang mengabdikan hampir seluruh hidupnya untuk pencarian pengetahuan, bahkan sampai mengabaikan kenyamanan hidup sehari-hari. Ia dikatakan melakukan perjalanan sangat luas ke Mesir, Persia, Laut Merah, India, dan kemungkinan Ethiopia untuk mempelajari geometri, astronomi, teologi, serta pengetahuan dari para Magi dan Chaldaea. Democritus sering dikaitkan dengan banyak filsuf besar sebelumnya. Ia disebut pernah diasosiasikan dengan Pythagoras, Anaxagoras, Parmenides, Zeno of Elea, dan terutama Leucippus. Leucippus merupakan figur yang paling masuk akal dianggap sebagai guru intelektual Democritus karena keduanya hampir selalu disebut bersama dalam tradisi atomisme Yunani. Leucippus dipandang sebagai penggagas awal teori atom, sedangkan Democritus menyempurnakan dan mengembangkan teori tersebut lebih jauh.

Konsep utama yang dikemukakan Democritus adalah teori atomisme. Teori ini lahir sebagai respons terhadap persoalan filsafat Eleatik, khususnya gagasan Parmenides tentang “Yang Satu” yang tidak berubah dan tidak terbagi. Democritus bersama Leucippus menjawab persoalan tersebut dengan menyatakan bahwa realitas tersusun dari atom-atom yang tidak dapat dibagi dan selalu bergerak dalam ruang kosong. Perubahan di dunia tidak berarti bahwa hakikat sesuatu benar-benar muncul atau lenyap, melainkan hanya hasil dari penyusunan dan pemisahan atom-atom tersebut. Dengan demikian, gerak dan perubahan tetap dapat dijelaskan tanpa menolak prinsip rasionalitas yang dikemukakan oleh kaum Eleatik.

Rumus sederhana teori atom Democritus: Realitas = atom + ruang kosong

Selain teori atom, Democritus juga mengemukakan banyak pemikiran etis dan praktis. Dalam fragmen-fragmennya ia menekankan bahwa nilai jiwa lebih tinggi daripada kekayaan materi, bahwa kebajikan lahir melalui latihan dan disiplin, dan bahwa kebijaksanaan lebih penting daripada ketenaran maupun harta. Ia berkali-kali menegaskan pentingnya pengembangan jiwa dan intelektualitas manusia. Democritus memandang latihan terus-menerus sebagai dasar pembentukan karakter dan kebajikan. Pandangan ini membuatnya digambarkan sebagai “pentathlete dalam filsafat,” yakni seseorang yang menguasai banyak bidang seperti ilmu alam, etika, matematika, seni, dan pendidikan umum.

Diogenes Laertius menyebut adanya tradisi permusuhan intelektual antara Plato dan Democritus. Plato bahkan dikisahkan ingin membakar karya-karya Democritus karena menganggapnya sebagai rival besar dalam filsafat. Walaupun kisah ini kemungkinan besar dibesar-besarkan oleh tradisi biografi kuno, teks menunjukkan bahwa Democritus dipandang sebagai figur yang sangat berpengaruh sehingga pemikir sesudahnya tidak dapat mengabaikan gagasannya. Atomisme Democritus menjadi salah satu dasar penting bagi perkembangan filsafat alam dan pemikiran ilmiah berikutnya. Selain itu, teorinya dianggap sebagai tanggapan langsung terhadap Parmenides dan sekaligus menjadi landasan bagi tradisi materialisme dalam filsafat Yunani.

## 5. Plato: Dunia Ide

Plato adalah salah satu filsuf terbesar dalam sejarah filsafat Barat yang lahir sekitar 428/427 SM di Athena dan wafat sekitar 348/347 SM. Ia merupakan murid dari Socrates dan guru dari Aristoteles, sehingga menjadi tokoh sentral dalam perkembangan tradisi intelektual Yunani. Berasal dari keluarga aristokrat Athena, Plato memperoleh pendidikan yang tinggi sejak muda. Setelah kematian Socrates pada tahun 399 SM, Plato meninggalkan Athena dan melakukan perjalanan ke Mesir, Italia, dan kemungkinan India selama sekitar dua belas tahun. Sekembalinya ke Athena, ia mendirikan Akademi, institusi pendidikan besar pertama di dunia Barat yang bertahan hampir sembilan abad dan menjadi pusat penelitian filsafat, matematika, dan ilmu pengetahuan. Pemikiran Plato disampaikan terutama melalui dialog-dialog filosofis yang menjadikan Socrates sebagai tokoh utama. Dalam Apologi, Plato menggambarkan pembelaan Socrates di pengadilan Athena ketika dituduh merusak pemuda dan tidak menghormati dewa-dewa kota. Dialog ini tidak sekadar menjadi catatan historis, tetapi juga memperlihatkan metode elenchus atau metode dialektik Socrates yang mengungkap kontradiksi lawan bicara melalui pertanyaan-pertanyaan kritis. Plato menampilkan Socrates sebagai figur yang memiliki keberanian moral dan intelektual luar biasa, yang lebih memilih kematian daripada meninggalkan pencarian kebenaran. Melalui karya ini, Plato juga mengkritik masyarakat Athena yang lebih mementingkan kekuasaan, popularitas, dan retorika dibanding kebajikan dan kebenaran. Konsep tentang kehidupan yang diperiksa secara filosofis sebagai satu-satunya kehidupan yang layak dijalani menjadi salah satu inti pemikiran etis Plato. Dalam karya monumentalnya Republik (Politeia), Plato mengembangkan teori keadilan, negara ideal, pendidikan, psikologi jiwa, dan politik. Ia memulai dengan pertanyaan mendasar mengenai hakikat keadilan dan menolak pandangan sofis bahwa keadilan hanyalah kepentingan pihak yang kuat. Bagi Plato, keadilan adalah harmoni antara bagian-bagian jiwa maupun harmoni dalam masyarakat. Negara ideal menurutnya terdiri dari tiga kelas meliputi produsen, penjaga, dan filsuf-raja. Filsuf-raja dianggap paling layak memimpin karena memiliki pengetahuan tentang kebaikan sejati dan mampu memahami hakikat realitas. Plato juga menjelaskan bahwa jiwa manusia terdiri dari tiga bagian yaitu rasional, berani, dan nafsu. Keadilan tercapai apabila bagian rasional mengendalikan dua bagian lainnya.

Konsep paling terkenal dalam filsafat Plato adalah teori bentuk atau Theory of Forms. Menurut Plato, dunia fisik yang ditangkap indera hanyalah bayangan dari dunia bentuk yang lebih tinggi, abadi, dan sempurna. Semua benda di dunia material hanyalah representasi tidak sempurna dari bentuk idealnya. Pengetahuan sejati tidak diperoleh melalui indera, melainkan melalui rasio dan kontemplasi intelektual. Gagasan ini dijelaskan secara simbolik dalam alegori gua, di mana manusia digambarkan sebagai tahanan yang hanya melihat bayangan di dinding gua dan menganggap bayangan itu sebagai realitas. Filsuf adalah orang yang berhasil keluar dari gua dan melihat cahaya kebenaran sejati. Plato juga memiliki perhatian besar terhadap pendidikan. Dalam Republik, ia menyusun sistem pendidikan bertahap mulai dari pendidikan dasar melalui musik dan gimnastik, pendidikan menengah melalui matematika, astronomi, dan geometri, hingga pendidikan tinggi berupa dialektika untuk melatih calon filsuf-raja. Pendidikan menurut Plato tidak sekadar membentuk keterampilan praktis, melainkan mengarahkan jiwa menuju kebenaran dan kebajikan.

Ia bahkan mengkritik puisi dan seni yang dianggap hanya meniru dunia inderawi dan dapat menyesatkan manusia dari pencarian kebenaran sejati.

Dalam Simposium, Plato membahas hakikat cinta (eros) melalui pidato beberapa tokoh seperti Phaedrus, Pausanias, Aristophanes, Agathon, dan Socrates. Puncak dialog ini adalah ajaran Diotima yang disampaikan oleh Socrates mengenai “tangga cinta.” Menurut konsep ini, cinta berkembang dari ketertarikan fisik menuju cinta terhadap jiwa, kebajikan, pengetahuan, hingga akhirnya mencapai cinta terhadap keindahan abadi dan universal. Dari sinilah muncul konsep “cinta platonik,” yaitu cinta intelektual dan spiritual yang melampaui hasrat fisik. Cinta dipandang sebagai dorongan menuju kebijaksanaan, keindahan, dan keabadian.

Dalam *Phaedo*, Plato mengembangkan konsep dualisme tubuh dan jiwa serta keabadian jiwa. Dialog ini menggambarkan hari-hari terakhir Socrates sebelum meminum racun hemlock. Plato mengemukakan beberapa argumen mengenai keabadian jiwa, seperti argumen lawan berpasangan, anamnesis atau recollection, kesederhanaan jiwa, dan bentuk kehidupan. Jiwa dianggap bersifat non-material, sederhana, tidak dapat dihancurkan, dan telah ada sebelum tubuh lahir. Tubuh dipandang sebagai penjara bagi jiwa, sedangkan filsafat adalah proses pemurnian jiwa dari keterikatan dunia fisik agar dapat mencapai bentuk-bentuk abadi dan kebenaran sejati.

Dalam *Timaeus*, Plato mengembangkan kosmologi dan metafisika tentang asal-usul alam semesta. Ia memperkenalkan konsep demiurgos, yaitu pengrajin ilahi yang membentuk alam semesta dari materi yang sudah ada berdasarkan bentuk-bentuk ideal yang abadi. Alam semesta dianggap sebagai struktur rasional dan harmonis yang dibangun berdasarkan matematika dan proporsi geometris. Plato juga menjelaskan empat elemen dasar—tanah, air, udara, dan api—serta pembagian jiwa manusia menjadi rasional, berani, dan nafsu.

Pemikiran Plato memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap tradisi filsafat Islam, khususnya melalui jalur Neoplatonisme yang kemudian diterjemahkan ke dalam dunia intelektual Islam pada masa Abbasiyah. Konsep-konsep Plato seperti dunia bentuk, hierarki realitas, dualisme tubuh dan jiwa, serta gagasan tentang realitas tertinggi diterima dan dikembangkan kembali oleh para filsuf Muslim, terutama Avicenna (Ibnu Sina).

## 6. Aristoteles: The Father of Logic

Aristoteles lahir di Stagira, Makedonia, pada tahun 384 SM dan merupakan salah satu filsuf terbesar dalam sejarah filsafat Barat. Ia adalah murid dari Plato di Akademi Athena selama hampir dua puluh tahun, tetapi kemudian mengembangkan sistem filsafatnya sendiri yang berbeda secara mendasar dari gurunya. Ayah Aristoteles, Nicomachus, adalah seorang tabib istana Raja Amyntas II dari Makedonia, sehingga sejak kecil Aristoteles telah akrab dengan tradisi penelitian biologis dan anatomi. Setelah kematian kedua orang tuanya, ia diasuh oleh Proxenus dan kemudian dikirim ke Athena untuk belajar di Akademi Plato sekitar tahun 367 SM. Selama berada di Akademi, Aristoteles sangat dipengaruhi oleh Plato, tetapi pada saat yang sama ia mulai mengkritik beberapa ajaran gurunya, terutama teori bentuk (Forms). Dalam *Nicomachean Ethics*, Aristoteles menulis bahwa meskipun para penggagas teori bentuk adalah sahabatnya, kebenaran tetap harus ditempatkan di atas persahabatan.

Setelah Plato wafat pada 347 SM, Aristoteles meninggalkan Athena menuju Assos dan Lesbos, tempat ia melakukan penelitian biologis, khususnya mengenai biologi laut. Ia kemudian dipanggil ke Makedonia untuk mendidik Alexander the Great sebelum akhirnya kembali ke Athena dan mendirikan sekolahnya sendiri, Lyceum, pada tahun 335 SM. Di Lyceum, Aristoteles menghasilkan karya-karya besar yang mencakup hampir seluruh cabang ilmu pengetahuan pada zamannya. Pembahasan ini menjelaskan bahwa pemikirannya mencakup logika, metafisika, etika, politik, psikologi, retorika, zoologi, astronomi, fisika, teologi, hingga teori seni. Ia membagi ilmu pengetahuan menjadi tiga kategori utama meliputi ilmu teoritis, ilmu praktis, dan ilmu produktif. Ilmu teoritis bertujuan mencari pengetahuan demi pengetahuan itu sendiri dan meliputi metafisika, fisika, serta matematika. Ilmu praktis mencakup etika dan politik yang berkaitan dengan tindakan manusia dan pencapaian kebaikan hidup. Sementara ilmu produktif berkaitan dengan penciptaan karya, seperti puisi, retorika, seni, dan kerajinan. Salah satu kontribusi terbesar Aristoteles adalah pengembangan logika formal melalui kumpulan karya yang dikenal sebagai *Organon*. Dalam karya-karya seperti *Categories*, *Prior Analytics*, dan *Posterior Analytics*, Aristoteles mengembangkan teori silogisme dan metode penalaran deduktif yang kemudian menjadi dasar logika Barat selama berabad-abad. Ia memandang logika sebagai alat (*organon*) bagi seluruh ilmu pengetahuan, sehingga pengetahuan harus dibangun melalui demonstrasi rasional dan hubungan sebab-akibat yang sistematis.

Dalam metafisika, Aristoteles menolak dualisme Plato antara dunia inderawi dan dunia bentuk. Ia mengembangkan konsep *hylomorphism*, yaitu pandangan bahwa setiap benda tersusun dari materi (*hyle*) dan bentuk (*morphe*). Bentuk tidak berada di dunia terpisah seperti dalam filsafat Plato, tetapi hadir di dalam benda itu sendiri. Dari sini Aristoteles juga mengembangkan teori empat sebab, yaitu sebab material, formal, efisien, dan final, yang digunakan untuk menjelaskan mengapa sesuatu ada dan bagaimana sesuatu berubah.

Dalam etika, Aristoteles mengembangkan konsep kebajikan (*virtue ethics*) yang dijelaskan terutama dalam *Nicomachean Ethics*. Kebahagiaan (*eudaimonia*) dipandang sebagai tujuan tertinggi manusia dan dicapai melalui kehidupan yang rasional serta praktik kebajikan. Kebajikan menurut Aristoteles berada di tengah-tengah antara dua

ekstrem, yang dikenal sebagai “doktrin jalan tengah” (golden mean). Misalnya, keberanian adalah titik tengah antara pengecut dan nekat. Etika Aristoteles sangat menekankan pembentukan karakter melalui kebiasaan dan pendidikan moral.

Dalam politik, Aristoteles memandang manusia sebagai zoon politikon, makhluk yang secara alami hidup dalam polis atau negara. Negara dianggap ada demi mencapai kehidupan yang baik dan bermoral. Ia menganalisis berbagai bentuk pemerintahan seperti monarki, aristokrasi, dan demokrasi, sekaligus menunjukkan kemungkinan penyimpangannya menjadi tirani, oligarki, dan mobokrasi. Politik bagi Aristoteles tidak dapat dipisahkan dari etika karena tujuan negara adalah membentuk warga yang baik dan berbudi luhur.

Pemikiran Aristoteles juga sangat penting dalam bidang psikologi dan filsafat jiwa melalui karya *De Anima*. Ia menolak pandangan Plato bahwa jiwa sepenuhnya terpisah dari tubuh dan menjelaskan bahwa jiwa adalah bentuk dari tubuh hidup. Jiwa tidak hanya dipahami secara spiritual, tetapi juga sebagai prinsip kehidupan yang memungkinkan organisme hidup, berpikir, dan bergerak. Pandangan ini memperlihatkan pendekatan Aristoteles yang lebih empiris dan biologis dibandingkan Plato.

Pengaruh Aristoteles terhadap pemikir sesudahnya sangat luas, terutama dalam tradisi Islam dan skolastik Kristen. Karya-karyanya diterjemahkan ke bahasa Arab dan dikembangkan oleh para filsuf seperti Avicenna dan Averroes. Melalui tradisi Islam inilah pemikiran Aristoteles kemudian kembali masuk ke Eropa Latin pada abad pertengahan dan menjadi fondasi utama skolastisisme. Tokoh yang paling besar menerima pengaruh Aristoteles pada era skolastik adalah Thomas Aquinas. Aquinas menggabungkan filsafat Aristoteles dengan teologi Kristen dan menciptakan sintesis besar antara iman dan rasio. Konsep Aristoteles tentang sebab-akibat, substansi, bentuk dan materi, serta aktualitas dan potensialitas digunakan Aquinas untuk menjelaskan keberadaan Tuhan, penciptaan, dan struktur realitas. Dalam argumen “Lima Jalan” (Five Ways), Aquinas memakai konsep Aristoteles tentang gerak dan sebab pertama untuk membuktikan eksistensi Tuhan sebagai “Penggerak Tak Bergerak” (Unmoved Mover). Selain itu, etika kebajikan Aristoteles juga diadaptasi Aquinas menjadi dasar etika Kristen skolastik.

Perkembangan filsafat alam Yunani Kuno pada akhirnya tidak hanya melahirkan usaha awal manusia untuk memahami kosmos secara rasional, tetapi juga menjadi fondasi bagi seluruh tradisi filsafat Barat pada masa-masa berikutnya. Melalui pemikiran para filsuf alam, terutama mazhab Milesian, manusia mulai meninggalkan penjelasan mitologis dan menempatkan rasio sebagai sarana utama dalam memahami realitas. Perkembangan tersebut kemudian mencapai bentuk yang lebih sistematis dalam filsafat Plato dan Aristoteles, yang tidak hanya membahas hakikat alam, tetapi juga metafisika, pengetahuan, etika, dan struktur keberadaan secara menyeluruh. Pemikiran Plato mengenai dunia ide selanjutnya memberikan pengaruh besar terhadap tradisi neoplatonisme, khususnya dalam filsafat Plotinos yang memandang seluruh realitas sebagai emanasi dari “Yang Satu”. Sementara itu, filsafat Aristoteles menjadi landasan utama bagi perkembangan skolastik Abad Pertengahan melalui pemikiran tokoh-tokoh seperti Thomas Aquinas yang berusaha mensintesis rasio filsafat dengan teologi Kristen. Dengan demikian, filsafat alam tidak dapat dipandang hanya

sebagai tahap awal pemikiran Yunani, melainkan sebagai titik tolak lahirnya tradisi intelektual besar yang terus memengaruhi perkembangan filsafat, teologi, dan ilmu pengetahuan hingga masa modern.

## **Bab III: Peripatetik dan Skolastisisme**

---

### **1. Avicenna: Emanation and the floating man**

Ibnu Sina merupakan salah satu tokoh intelektual terbesar dalam sejarah peradaban Islam dan dunia Barat yang lahir di Afsyana, dekat Bukhara, Persia, pada tahun 980 M. Sejak kecil ia menunjukkan kecerdasan luar biasa. Pada usia sepuluh tahun telah menghafal Al-Qur'an dan mempelajari matematika, logika, geometri, sastra Arab, serta ilmu agama. Pendidikan awalnya dibentuk oleh ayahnya yang terpelajar dan kemudian diperdalam melalui bimbingan tokoh seperti Abu 'Abdullah al-Natili yang mengenalkannya pada filsafat Aristoteles dan Al-Farabi. Pada usia enam belas tahun Ibnu Sina mulai mendalami kedokteran dan segera memperoleh reputasi sebagai dokter unggul di zamannya. Selain menjadi tabib, ia juga aktif sebagai filsuf, astronom, ahli metafisika, dan ilmuwan yang bekerja di berbagai istana sebagai penasihat politik serta dokter kerajaan sebelum wafat di Hamadan pada tahun 1037 M. Keluasan ilmunya tercermin dalam karya-karya monumentalnya seperti *Al-Qanun fi al-Tibb*, *Kitab al-Syifa'*, dan *Al-Isharat wa al-Tanbihat*.

Dalam bidang filsafat, Ibnu Sina mengembangkan sistem pemikiran yang sangat kompleks dengan menggabungkan filsafat Aristotelian, metafisika Islam, serta unsur-unsur Neoplatonian. Salah satu konsep terpentingnya adalah teori tentang wujud dan esensi, yaitu pembedaan antara "apa sesuatu itu" (esensi) dan "keberadaan sesuatu" (wujud). Menurutnya, pada makhluk ciptaan esensi dan wujud merupakan dua hal yang berbeda, sedangkan pada Tuhan keduanya identik sehingga Tuhan disebut sebagai *Wajib al-Wujud* atau "yang niscaya ada". Dari konsep ini ia membangun metafisika emanasi yang sangat dekat dengan tradisi Neoplatonisme. Dalam pandangannya, Tuhan sebagai Sebab Pertama memancarkan keberadaan secara bertingkat melalui akal pertama, lalu melahirkan akal-akal berikutnya hingga tercipta alam semesta material.

Selain metafisika, Ibnu Sina juga memberikan kontribusi besar dalam filsafat jiwa. Ia memandang jiwa manusia sebagai substansi nonmaterial yang memiliki asal ilahiah dan tetap bertahan setelah kematian tubuh. Jiwa menurutnya terdiri dari tiga tingkatan antara lain, jiwa vegetatif yang mengatur pertumbuhan dan reproduksi, jiwa hewani yang berkaitan dengan gerak dan persepsi, serta jiwa rasional yang memungkinkan manusia mencapai kesadaran diri dan pengetahuan intelektual. Konsep ini memperlihatkan pengaruh kuat tradisi Neoplatonian tentang hierarki keberadaan dan perjalanan jiwa menuju kesempurnaan spiritual. Namun Ibnu Sina tidak hanya menyalin gagasan Yunani. Ia mengembangkannya menjadi sistem psikologi filosofis yang khas Islam dan sangat berpengaruh terhadap pemikir sesudahnya. Pemikirannya kemudian memunculkan dialog intelektual besar dengan tokoh-tokoh seperti Al-Ghazali dan Ibnu Rushd, sementara di Barat diterima oleh para filsuf skolastik seperti Thomas Aquinas dan Albertus Magnus. Di bidang kedokteran, Ibnu Sina mencapai pengaruh yang hampir tak tertandingi melalui karya *Al-Qanun fi al-Tibb* yang menjadi standar pendidikan medis di dunia Islam dan Eropa selama berabad-abad. Karya lima jilid ini membahas anatomi, fisiologi, teori penyakit, farmakologi, diagnosis klinis, terapi, hingga teknik peracikan obat.

Ibnu Sina juga memberikan deskripsi penting mengenai penyakit seperti diabetes, penyakit menular, penggunaan denyut nadi dan urin untuk diagnosis, serta klasifikasi obat-obatan berdasarkan sumber tanaman, mineral, dan hewan. Pengaruhnya begitu besar sehingga Al-Qanun diterjemahkan ke dalam bahasa Latin dan menjadi buku teks utama universitas Eropa hingga abad ke-17. Di samping itu, karya Kitab al-Syifa' menunjukkan keluasan intelektualnya dalam logika, matematika, fisika, dan metafisika, sedangkan Al-Isharat wa al-Tanbihat memperlihatkan perpaduan antara rasionalitas filosofis dan dimensi mistisisme. Keseluruhan warisan intelektual Ibnu Sina menempatkannya sebagai jembatan besar antara filsafat Yunani, Neoplatonisme, tradisi Islam, dan pemikiran skolastik Barat, sekaligus menjadikannya salah satu figur paling berpengaruh dalam sejarah filsafat, sains, dan kedokteran dunia.

## **2. Averroes: Kebangkitan Aristotelianisme**

Ibnu Rushd merupakan salah satu filsuf, dokter, ahli hukum, dan ilmuwan terbesar dalam sejarah intelektual Islam yang lahir di Córdoba, Andalusia, pada tahun 1126 M. Ia berasal dari keluarga terkemuka yang mendalami hukum Islam mazhab Maliki. Kakeknya adalah seorang hakim terkenal dan keluarganya memiliki tradisi intelektual yang kuat. Sejak muda Ibnu Rushd mempelajari fiqh, teologi, kedokteran, astronomi, fisika, dan filsafat Yunani, terutama karya-karya Aristoteles yang telah diterjemahkan ke dalam bahasa Arab. Selain menjadi filsuf, ia juga pernah menjabat sebagai hakim dan dokter kerajaan di bawah Dinasti Almohad di Marrakesh. Namun, pendekatan rasional dan filosofisnya menimbulkan kontroversi politik dan keagamaan sehingga ia sempat diasingkan dan beberapa karyanya dilarang. Warisan intelektualnya terus hidup melalui terjemahan karya-karyanya ke dalam bahasa Latin dan Ibrani yang sangat memengaruhi perkembangan filsafat Eropa abad pertengahan hingga Renaissance.

Konsep utama Ibnu Rushd berpusat pada usaha merekonsiliasi filsafat dan agama. Dalam karya monumentalnya Tahafut al-Tahafut, ia (Averroes) membela filsafat dari kritik Al-Ghazali yang sebelumnya menyerang para filsuf dalam Tahafut al-Falasifah. Menurut Ibnu Rushd, agama dan filsafat tidak bertentangan karena keduanya sama-sama mencari kebenaran. Filsafat menggunakan akal rasional untuk memahami alam semesta, sedangkan agama memberikan bimbingan moral dan spiritual. Ia menegaskan bahwa wahyu harus dipahami secara rasional dan akal memiliki kedudukan penting dalam memahami teks-teks agama. Dari sini lahir gagasan yang di Barat dikenal sebagai "doktrin kebenaran ganda" (double truth), yaitu adanya kebenaran filosofis yang bersifat rasional dan kebenaran religius yang bersumber dari wahyu. Walaupun konsep ini kemudian diperdebatkan dan dikritik, terutama oleh Thomas Aquinas, pemikiran tersebut membuka ruang besar bagi berkembangnya rasionalisme dan dialog antara iman dan ilmu pengetahuan di Eropa.

Dalam filsafat jiwa dan epistemologi, Ibnu Rushd mengembangkan teori tentang akal yang sangat dipengaruhi oleh Aristotelianisme tetapi juga memiliki nuansa Neoplatonian. Ia membedakan antara akal individu yang dimiliki setiap manusia dan akal universal yang bersifat abadi serta ilahiah. Konsep akal universal ini memiliki kedekatan dengan tradisi Neoplatonisme yang memandang adanya intelek universal sebagai sumber pengetahuan dan realitas spiritual. Akan tetapi, secara umum Ibnu Rushd lebih dikenal sebagai pembela murni Aristotelianisme dibanding filsuf Islam lain

seperti Ibnu Sina yang lebih banyak mengembangkan teori emanasi Neoplatonian. Ibnu Rusyd berusaha mengembalikan pemahaman Aristoteles secara lebih literal dan rasional dengan menolak kecenderungan metafisika spekulatif yang terlalu bercorak mistik. Ia (Averroes) menulis komentar-komentar panjang mengenai logika, metafisika, fisika, astronomi, dan psikologi Aristoteles, sehingga karya-karyanya menjadi rujukan utama universitas-universitas Eropa seperti Paris, Bologna, dan Oxford pada abad ke-12 hingga ke-15. Melalui penerjemahan Latin oleh Michael Scotus dan Gerard dari Cremona, pemikirannya melahirkan aliran "Averroisme Latin" yang memengaruhi tokoh-tokoh seperti Siger of Brabant dan Boethius dari Dacia. Pengaruhnya bahkan dianggap membuka jalan bagi Renaissance dan Zaman Pencerahan karena memperkenalkan kembali metode rasional Aristotelian ke Eropa. Dalam dunia Islam, ia juga menghasilkan karya penting seperti *Bidayat al-Mujtahid wa Nihayat al-Muqtasid* dalam bidang hukum Islam dan *Kulliyat fi al-Tibb* dalam bidang kedokteran. Keseluruhan pemikiran Ibnu Rusyd menunjukkan posisinya sebagai jembatan besar antara filsafat Yunani, tradisi intelektual Islam, dan perkembangan pemikiran Barat modern.

### **3. Al-Ghazali: Tahafut Al-Falasifah**

Al-Ghazali merupakan salah satu tokoh paling berpengaruh dalam sejarah intelektual Islam yang lahir di Thus, Khurasan, Persia, pada tahun 450 H/1058 M dan wafat pada tahun 505 H/1111 M. Ia berasal dari keluarga sederhana namun religius. Ayahnya adalah seorang peminta wol yang saleh dan dekat dengan kehidupan sufi. Sebelum meninggal, ayahnya menitipkan Al-Ghazali dan saudaranya kepada seorang sufi bernama Ahmad bin Muhammad al-Razakani agar memperoleh pendidikan yang baik. Sejak muda Al-Ghazali menunjukkan kecerdasan luar biasa dengan mempelajari fiqh, ushul fiqh, logika, ilmu kalam, filsafat, dan tasawuf di berbagai pusat ilmu seperti Thus, Jurjan, dan Naisabur di bawah bimbingan Imam al-Haramain al-Juwaini. Setelah gurunya wafat, Al-Ghazali memperoleh reputasi besar hingga diangkat menjadi profesor di Madrasah Nizamiyah Baghdad oleh Perdana Menteri Nizam al-Mulk. Di Baghdad ia mencapai puncak karier intelektualnya, namun kemudian mengalami krisis spiritual yang membuatnya meninggalkan jabatan dan melakukan pengembaraan panjang ke Damaskus, Yerusalem, Makkah, Palestina, dan Mesir untuk mendalami tasawuf dan pencarian hakikat kebenaran. Pengalaman intelektual dan spiritual ini kemudian dituangkan dalam karya autobiografinya *Al-Munqidz min al-Dhalal*.

Karyanya yang paling monumental adalah *Ihya' Ulum al-Din*, sebuah kitab yang berusaha menghidupkan kembali keseimbangan antara syariat, etika, dan spiritualitas Islam. Selain itu ia juga menulis *Maqashid al-Falasifah* yang menjelaskan filsafat Yunani secara sistematis, serta *Tahafut al-Falasifah* yang menjadi karya kritik paling terkenal terhadap filsafat Islam Peripatetik. Dalam *Al-Munqidz min al-Dhalal*, ia menjelaskan perjalanan intelektualnya dalam mencari kepastian pengetahuan melalui teologi, filsafat, batiniyyah, dan tasawuf. Pemikiran Al-Ghazali memperlihatkan bahwa ia bukan sekadar penentang filsafat, melainkan seorang intelektual yang memahami filsafat secara mendalam sebelum mengkritiknya. Bahkan metode kritiknya terhadap para filosof dilakukan menggunakan pendekatan rasional dan filosofis. Karena itu banyak sarjana menilai Al-Ghazali tetap memiliki identitas filosofis meskipun ia menyerang beberapa doktrin utama filsafat Yunani dan filsafat Islam.

Dalam pandangan filsafatnya, Al-Ghazali membagi para filosof menjadi tiga kelompok utama: kaum materialis (al-Dahriyyun) yang menolak keberadaan Tuhan, kaum naturalis (al-Thabi'iyun) yang terlalu menekankan alam dan menolak kehidupan akhirat, serta kaum teistik (al-Ilahiyyun) seperti Socrates, Plato, dan Aristoteles yang mengakui keberadaan Tuhan namun menurut Al-Ghazali masih menyisakan unsur kekeliruan metafisis. Kritik terbesarnya diarahkan kepada filsafat Islam Peripatetik yang dikembangkan oleh Al-Farabi dan Ibnu Sina yang dianggap terlalu dipengaruhi Aristotelianisme dan Neoplatonisme. Dalam *Tahafut al-Falasifah*, Al-Ghazali menyatakan ada dua puluh masalah yang dianggap menyimpang dalam filsafat para filosof, dan tiga di antaranya bahkan dianggap menyebabkan kekafiran. Pertama, keyakinan bahwa alam bersifat qadim atau abadi bersama Tuhan. Al-Ghazali menolak gagasan emanasi Neoplatonian yang menyatakan alam memancar secara abadi dari Tuhan, karena menurutnya hanya Tuhan yang qadim sedangkan alam diciptakan dari ketiadaan. Kedua, pandangan bahwa Tuhan tidak mengetahui hal-hal partikular di dunia karena perubahan objek dianggap akan mengubah pengetahuan Tuhan. Al-Ghazali menolak ini dan menegaskan bahwa Allah mengetahui segala sesuatu secara sempurna tanpa perubahan pada zat-Nya. Ketiga, penolakan terhadap kebangkitan jasmani di akhirat. Para filosof menurutnya hanya menerima kebangkitan ruhani, sedangkan Al-Ghazali menegaskan bahwa Islam mengajarkan kebangkitan fisik dan spiritual sekaligus.

Dalam metafisika dan teologi, Al-Ghazali sangat dipengaruhi mazhab Abu al-Hasan al-Asy'ari. Ia berusaha menyeimbangkan akal dan wahyu dengan menempatkan akal sebagai alat penting untuk memahami realitas, tetapi tetap membatasi akal agar tunduk pada wahyu dalam persoalan metafisis dan ketuhanan. Ia menolak antropomorfisme ekstrem kaum Hasywiyah sekaligus penolakan sifat-sifat Tuhan oleh Mu'tazilah, sehingga memilih posisi moderat Asy'ariyah. Menurutnya Allah adalah satu-satunya sebab mutlak bagi alam semesta, memiliki kehendak bebas absolut, dan menciptakan alam melalui iradah-Nya. Dalam konsep kausalitas, Al-Ghazali menolak hubungan sebab-akibat yang bersifat niscaya sebagaimana diyakini Aristotelianisme. Ia menjelaskan bahwa api tidak secara mutlak membakar kapas, pembakaran terjadi karena kehendak Allah yang menjadikan api sebagai kebiasaan alam. Karena itu mukjizat seperti tidak terbakarnya Nabi Ibrahim tetap mungkin terjadi. Teori ini kemudian dikenal sebagai okasionalisme, yaitu pandangan bahwa semua peristiwa di alam terjadi langsung karena kehendak Tuhan, bukan karena kekuatan independen benda-benda alamiah. Pemikirannya tentang kausalitas bahkan sering dibandingkan dengan filsuf Barat David Hume karena sama-sama mempertanyakan keniscayaan hubungan sebab-akibat.

## 4. Al-Khawarizmi: Aljabar

Al-Khawarizmi merupakan salah satu ilmuwan terbesar dalam sejarah peradaban Islam yang lahir sekitar tahun 780 M di Khwarizm atau Khiva, wilayah Persia yang kini termasuk Uzbekistan, dan wafat sekitar tahun 850 M di Baghdad. Ia hidup pada masa Dinasti Abbasiyah ketika dunia Islam mengalami perkembangan ilmu pengetahuan yang sangat pesat. Ketika Khalifah Al-Ma'mun mendirikan Bayt al-Hikmah atau House of Wisdom di Baghdad, Al-Khawarizmi dipanggil untuk bergabung sebagai ilmuwan dan penerjemah. Di lembaga ilmiah ini ia mempelajari serta menerjemahkan manuskrip Yunani dan India, terutama karya-karya matematikawan seperti Pythagoras, Euclid, dan Brahmagupta. Ia tidak hanya menerjemahkan ilmu-ilmu tersebut, tetapi juga mengembangkannya menjadi sistem matematika baru yang jauh lebih sistematis. Dalam sejarah Islam, Al-Khawarizmi dikenal sebagai ahli matematika, astronomi, astrologi, geografi, kartografi, dan filsafat, sementara di Barat ia dihormati sebagai "Bapak Aljabar" karena kontribusinya yang sangat besar terhadap perkembangan matematika modern.

Konsep paling penting yang dikembangkan Al-Khawarizmi adalah ilmu aljabar (al-jabr), terutama melalui karya monumentalnya Al-Kitab al-Mukhtasar fi Hisab al-Jabr wa al-Muqabala yang ditulis sekitar tahun 830 M. Buku ini merupakan karya pertama dalam sejarah yang membahas penyelesaian sistematis persamaan linear dan kuadrat menggunakan metode logis dan matematis yang teratur. Dari kata al-jabr inilah lahir istilah "algebra" dalam bahasa Barat. Dalam kitab tersebut Al-Khawarizmi menjelaskan enam bentuk dasar persamaan kuadrat dan linear serta metode penyelesaiannya melalui dua operasi utama: al-jabr dan al-muqabala. Al-jabr berarti memindahkan unsur negatif dari satu sisi persamaan ke sisi lain untuk menyederhanakan bentuk persamaan, sedangkan al-muqabala berarti menyederhanakan dua kuantitas yang sama pada kedua sisi persamaan. Dengan metode ini ia berhasil membangun dasar-dasar manipulasi simbolik dalam matematika modern. Ia juga menggunakan pendekatan geometris untuk menjelaskan persamaan kuadrat, misalnya melalui teknik *completing the square* yang kemudian menjadi dasar penting dalam aljabar dan geometri analitik. Dalam kitab aljabar tersebut diberikan penyelesaian persamaan linear dan kuadrat dengan menyederhanakan persamaan menjadi salah satu dari enam bentuk standar (di sini  $b$  dan  $c$  adalah bilangan bulat positif):

1. kuadrat sama dengan akar ( $ax^2 = bx$ )
2. kuadrat sama dengan bilangan konstanta ( $ax^2 = c$ )
3. akar sama dengan konstanta ( $bx = c$ )
4. kuadrat dan akar sama dengan konstanta ( $ax^2 + bx = c$ )
5. kuadrat dan konstanta sama dengan akar ( $ax^2 + c = bx$ )
6. konstanta dan akar sama dengan kuadrat ( $bx + c = ax^2$ )

Selain aljabar, Al-Khawarizmi memiliki kontribusi besar terhadap sistem angka modern. Ia memperkenalkan penggunaan angka Hindu 0-9 yang kemudian berkembang menjadi sistem bilangan desimal modern. Pada masa sebelumnya masyarakat Barat masih menggunakan angka Romawi yang sangat sulit dipakai untuk perhitungan kompleks. Al-Khawarizmi menyadari bahwa sistem angka Hindu jauh lebih efisien karena menggunakan konsep nilai tempat dan simbol nol (sifr). Ia mengembangkan konsep nol sebagai elemen matematis penting dan menjadikannya

bagian integral dari sistem numerik. Dari latinisasi namanya, “Algorismi”, lahir istilah “algorithm” atau algoritma yang sekarang menjadi fondasi ilmu komputer modern. Ia juga menjelaskan operasi dasar seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, ekstraksi akar kuadrat, dan sistem bilangan berbasis desimal. Pemikirannya membuka jalan bagi perkembangan matematika abstrak, kalkulasi, hingga komputasi modern.

Dalam bidang geometri, Al-Khawarizmi mengembangkan metode visual untuk menjelaskan konsep aljabar melalui bangun-bangun geometris. Ia menghubungkan luas persegi dan persegi panjang dengan penyelesaian persamaan kuadrat, sehingga konsep matematika menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Pendekatan ini menunjukkan pengaruh kuat geometri Yunani, terutama tradisi Euclidian, tetapi dikembangkan lebih sistematis dalam kerangka aljabar Islam. Ia juga menolak konsep akar negatif karena menurutnya besaran matematis harus memiliki representasi konkret seperti panjang dan luas.

Kontribusi Al-Khawarizmi tidak terbatas pada matematika. Dalam astronomi ia menyusun tabel astronomis (zij) berdasarkan tradisi Persia dan Babilonia, serta menulis karya tentang astrolab, jam matahari, dan kalender Yahudi. Dalam geografi ia merevisi karya Ptolemy dan menulis Kitab Surat al-Ard yang memuat koordinat sekitar 2.400 kota, gunung, sungai, dan wilayah dunia berdasarkan garis lintang dan bujur yang lebih akurat dibanding karya sebelumnya. Khalifah Al-Ma'mun bahkan menunjuknya sebagai pemimpin proyek pemetaan dunia bersama sekitar 70 ahli geografi lain untuk membuat peta bumi yang kemudian diterjemahkan ke bahasa Latin dan menyebar ke Eropa. Ia juga menulis karya-karya tentang astrologi dan sejarah politik yang menunjukkan keluasan keilmuannya sebagai polymath Islam. Para ilmuwan Barat kemudian menggunakan istilah “algorism” dan “algorithm” yang berasal dari namanya. Pemikirannya memengaruhi perkembangan aljabar Eropa, teori bilangan, trigonometri, astronomi, hingga ilmu komputer modern. Banyak ilmuwan Barat meneliti dan mengembangkan konsep-konsepnya, termasuk dalam kajian tentang persamaan kuadrat, trigonometri bola, tabel astronomi, dan sistem bilangan desimal. Keseluruhan warisan intelektual Al-Khawarizmi menjadikannya jembatan penting antara matematika Yunani dan India dengan sains modern Barat, sekaligus salah satu fondasi utama perkembangan matematika, algoritma, dan teknologi modern dunia.

## **5. Skolastisisme**

Era Skolastik berkembang di Eropa Abad Pertengahan, terutama dari lingkungan biara, sekolah katedral, dan universitas awal. Dunia intelektual pada masa ini tidak bisa dilepaskan dari tradisi debat, komentar atas teks, logika formal, dan usaha menyusun pengetahuan secara rapi. Para sarjana Skolastik biasanya berangkat dari persoalan teologis, lalu memakai filsafat untuk memperjelas argumen tentang Tuhan, alam, manusia, jiwa, moralitas, dan kebenaran. Skolastik jadi penting karena ia membentuk kebiasaan berpikir yang disiplin, bukan sekadar mengulang ajaran agama secara pasif.

Mazhab Aristotelian menjadi salah satu fondasi besar dalam Skolastik. Karya Aristoteles memberi perangkat untuk menjelaskan sebab, gerak, bentuk, materi, substansi, tujuan, dan susunan alam. Pemikiran ini masuk ke Eropa Latin melalui proses penerjemahan panjang dari Yunani dan Arab, lalu dipelajari di universitas

seperti Paris dan Oxford. Dari proses itulah Aristoteles menjadi rujukan besar dalam logika, metafisika, etika, dan filsafat alam Abad Pertengahan.

## **6. Thomas Aquinas**

Thomas Aquinas adalah salah satu tokoh filsafat dan teologi paling berpengaruh dalam sejarah intelektual Barat. Ia dikenal sebagai pemikir besar Abad Pertengahan yang berusaha menyusun hubungan antara iman, akal, alam, manusia, dan Tuhan dalam satu bangunan pemikiran yang teratur. Dalam tradisi Katolik, ia sering disebut sebagai Doctor Angelicus karena keluasan pemikirannya dalam membahas masalah ketuhanan, etika, hukum, pengetahuan, dan keberadaan manusia. Di luar lingkup agama, Aquinas tetap dipelajari sebagai filsuf besar karena ia mengembangkan cara berpikir yang menggabungkan warisan Aristoteles dengan teologi Kristen. Pemikirannya tidak hanya hidup di ruang gereja, tetapi juga masuk ke dunia filsafat, hukum, pendidikan, politik, dan kajian ilmu pengetahuan. Posisi Aquinas menarik karena ia berdiri di masa ketika Eropa mulai mengalami kebangkitan intelektual melalui universitas, penerjemahan karya Yunani-Arab, dan pertumbuhan tradisi debat akademik. Ia bukan ilmuwan eksperimen seperti Galileo atau Newton, tetapi cara berpikirnya ikut membentuk iklim intelektual yang kelak menjadi salah satu latar bagi munculnya Revolusi Ilmiah. Thomas Aquinas lahir sekitar tahun 1224 atau 1225 di Roccasecca, dekat Aquino, Italia Selatan. Ia berasal dari keluarga bangsawan kecil yang memiliki hubungan dengan kekuasaan politik pada masa itu. Sejak kecil, ia dikirim ke biara Monte Cassino untuk memperoleh pendidikan awal. Keluarganya semula berharap Thomas akan menempati posisi penting dalam dunia gerejawi, terutama karena jalur hidup semacam itu dapat menaikkan kehormatan keluarga. Setelah belajar di Monte Cassino, ia melanjutkan pendidikan di Napoli, sebuah kota yang pada masa itu menjadi tempat pertemuan berbagai arus pemikiran. Di Napoli ia mulai mengenal filsafat Aristoteles, pemikiran logika, dan kehidupan akademik yang lebih terbuka. Keputusannya untuk bergabung dengan Ordo Dominikan sempat ditentang keluarganya, sebab ordo tersebut menekankan hidup miskin, pengajaran, dan pelayanan intelektual. Pilihan itu memperlihatkan arah hidup Thomas yang lebih tertarik pada pencarian pengetahuan daripada kehormatan keluarga. Pendidikan Thomas Aquinas berkembang pesat setelah ia belajar di bawah bimbingan Albertus Magnus, seorang filsuf dan teolog Dominikan yang dikenal luas karena penguasaannya terhadap Aristoteles dan ilmu alam. Dari Albertus, Thomas belajar bahwa filsafat tidak harus dipandang sebagai ancaman terhadap iman. Filsafat dapat dipakai untuk menata pemahaman manusia mengenai dunia ciptaan. Pada masa itu, karya-karya Aristoteles baru masuk lebih luas ke universitas-universitas Eropa melalui jalur penerjemahan dari bahasa Arab dan Yunani. Banyak pemikir gereja bersikap curiga terhadap Aristoteles karena sebagian gagasannya tampak tidak sejalan dengan ajaran Kristen. Thomas mengambil jalan yang lebih hati-hati. Ia tidak menerima Aristoteles secara mentah, tetapi juga tidak menolaknya secara total. Ia membaca, memilah, lalu menyusun kembali unsur-unsur filsafat Aristoteles agar dapat dipakai dalam kerangka pemikiran Kristen.

Karya terbesar Thomas Aquinas adalah *Summa Theologiae*, sebuah karya besar yang membahas Tuhan, penciptaan, manusia, moralitas, hukum, Kristus, sakramen, dan tujuan akhir kehidupan manusia. Karya ini disusun dalam bentuk pertanyaan,

keberatan, jawaban, dan sanggahan. Bentuk semacam ini mencerminkan budaya akademik skolastik di universitas Abad Pertengahan. Seorang pemikir tidak cukup hanya menyampaikan pendapat, ia harus menghadapi keberatan terkuat terhadap pendapatnya sendiri. Cara seperti ini membuat pemikiran Aquinas terasa sistematis. Ia melatih pembaca untuk melihat persoalan dari banyak sisi sebelum sampai pada jawaban. Dalam dunia pendidikan modern, pola semacam ini masih terasa dekat dengan cara berpikir akademik, terutama dalam penulisan argumen, debat ilmiah, dan kajian filsafat.

Salah satu konsep besar yang dikembangkan Aquinas adalah hubungan antara iman dan akal. Ia berpendapat bahwa akal manusia memiliki kemampuan nyata untuk mengenal kebenaran tentang dunia. Manusia dapat memahami alam melalui pengamatan, penalaran, dan prinsip sebab-akibat. Iman memberi pengetahuan tentang hal-hal yang melampaui jangkauan akal, seperti misteri Trinitas dan keselamatan. Bagi Aquinas, iman dan akal berasal dari sumber kebenaran yang sama, sehingga keduanya tidak seharusnya saling menghancurkan. Jika tampak bertentangan, masalahnya mungkin terletak pada penafsiran manusia, bukan pada kebenaran itu sendiri. Gagasan ini memberi ruang bagi pencarian rasional di tengah masyarakat yang sangat religius. Ia membuka kemungkinan bahwa mempelajari alam bukan tindakan yang menjauhkan manusia dari Tuhan, melainkan cara untuk memahami keteraturan ciptaan.

Konsep lain yang sangat terkenal dari Aquinas adalah lima jalan pembuktian keberadaan Tuhan. Lima jalan ini membahas gerak, sebab, kemungkinan dan keniscayaan, tingkatan kesempurnaan, serta keterarahan alam menuju tujuan tertentu. Dalam argumen tentang gerak, Aquinas menyatakan bahwa sesuatu yang bergerak digerakkan oleh sesuatu yang lain, lalu rangkaian itu tidak dapat berjalan tanpa dasar pertama. Dalam argumen sebab, ia memakai pola yang serupa, yaitu segala sesuatu yang memiliki sebab bergantung pada sebab lain, sampai akhirnya pikiran diarahkan pada sebab pertama. Argumen-argumen ini tidak dimaksudkan sebagai pembuktian matematis dalam arti modern. Ia lebih merupakan usaha metafisik untuk menjelaskan mengapa realitas yang berubah, terbatas, dan bergantung dapat ada sama sekali. Cara berpikir seperti ini memperlihatkan kuatnya konsep sebab-akibat dalam filsafat Aquinas.

Aquinas juga terkenal melalui pemikirannya tentang hukum kodrat. Menurutnya, manusia memiliki akal budi yang memampukannya mengenali kebaikan dasar dalam hidup, seperti menjaga kehidupan, membangun keluarga, mencari pengetahuan, hidup bermasyarakat, dan menghindari kejahatan. Hukum kodrat bukan sekadar aturan agama yang diberikan dari luar, melainkan prinsip moral yang dapat dipahami manusia melalui akalnyanya. Pemikiran ini memberi dasar kuat bagi etika, politik, dan hukum. Banyak pembahasan modern tentang hak asasi manusia, keadilan, tanggung jawab negara, dan martabat manusia masih berutang pada tradisi hukum kodrat, walaupun bentuknya sudah berkembang jauh. Aquinas tidak menyusun teori hak modern seperti yang dipahami masa kini, tetapi gagasannya tentang manusia sebagai makhluk berakal dan bermartabat memberi bahan penting bagi perkembangan filsafat hukum Barat.

Dalam bidang metafisika, Aquinas mengembangkan perbedaan antara esensi dan eksistensi. Esensi adalah apa sesuatu itu, sedangkan eksistensi adalah kenyataan bahwa sesuatu itu ada. Bagi makhluk ciptaan, esensi dan eksistensi tidak identik.

Seekor kuda dapat dipahami sebagai kuda dalam pikiran, tetapi pemahaman itu belum berarti kuda tersebut sungguh-sungguh ada. Pada Tuhan, esensi dan eksistensi bersatu secara sempurna. Tuhan tidak sekadar memiliki keberadaan, melainkan keberadaan itu sendiri. Konsep ini menjadi salah satu ciri khas metafisika Aquinas. Ia memakai gagasan ini untuk menjelaskan ketergantungan segala sesuatu pada sumber keberadaan. Pemikiran semacam ini berpengaruh besar dalam filsafat ketuhanan, ontologi, dan perdebatan tentang dasar realitas.

Dalam teori pengetahuan, Aquinas mengikuti banyak unsur Aristoteles. Ia berpendapat bahwa pengetahuan manusia bermula dari pengalaman indrawi. Manusia melihat, mendengar, menyentuh, lalu akal bekerja menangkap bentuk umum dari benda-benda yang dialami. Pengetahuan tidak turun begitu saja ke dalam pikiran manusia tanpa hubungan dengan dunia luar. Pandangan ini membuat Aquinas berbeda dari pemikir yang terlalu menekankan pengetahuan bawaan. Ia memberi tempat besar pada pengalaman. Walaupun ia bukan empiris modern, pemikirannya membantu memperkuat penghargaan terhadap dunia nyata sebagai sumber pengetahuan. Di sinilah Aquinas punya kaitan tidak langsung dengan perkembangan ilmu pengetahuan, sebab alam dipandang sebagai sesuatu yang dapat dipelajari secara rasional.

Aquinas juga membahas jiwa manusia dengan sangat rinci. Ia mengikuti Aristoteles dalam melihat jiwa sebagai bentuk dari tubuh. Jiwa bukan benda yang terperangkap di dalam tubuh, melainkan prinsip hidup yang membuat tubuh manusia menjadi tubuh yang hidup, berpikir, dan bertindak. Manusia adalah kesatuan tubuh dan jiwa. Pandangan ini cukup menarik karena ia tidak merendahkan tubuh sebagai sesuatu yang kotor atau tidak penting. Tubuh menjadi bagian dari pribadi manusia. Cara berpikir seperti ini punya akibat besar dalam etika, antropologi, dan teologi. Manusia tidak dipahami sebagai pikiran murni yang kebetulan memiliki tubuh, melainkan makhluk hidup yang berpikir melalui keberadaan jasmaninya.

Di bidang etika, Aquinas mengembangkan ajaran tentang kebajikan. Ia membedakan kebajikan moral seperti keberanian, keadilan, kesederhanaan, dan kebijaksanaan praktis dengan kebajikan teologis seperti iman, harapan, dan kasih. Hidup baik menurut Aquinas tidak cukup diukur dari kepatuhan terhadap aturan luar. Manusia perlu membentuk karakter agar mampu memilih kebaikan secara stabil. Kebajikan membuat seseorang tidak sekadar tahu mana yang baik, tetapi juga terbiasa mencintai dan melakukan yang baik. Pemikiran ini masih terasa dekat dengan pendidikan karakter pada masa sekarang. Banyak persoalan modern seperti korupsi, kekerasan, egoisme politik, dan krisis kepercayaan publik tidak selesai hanya dengan aturan tertulis. Dibutuhkan pembentukan watak, kebiasaan, dan tanggung jawab moral.

Dalam pemikiran politik, Aquinas memandang manusia sebagai makhluk sosial. Manusia membutuhkan komunitas untuk mencapai kehidupan yang baik. Negara atau pemerintahan diperlukan untuk mengatur hidup bersama, menjaga keadilan, dan mengarahkan masyarakat pada kebaikan umum. Kebaikan umum tidak sama dengan kepentingan penguasa. Pemerintahan yang baik harus menata kehidupan publik agar warga dapat hidup secara layak, aman, dan bermoral. Aquinas juga membahas kemungkinan bahwa kekuasaan dapat berubah menjadi tirani ketika penguasa mengejar kepentingan sendiri. Pemikirannya memberi dasar bagi pembicaraan tentang

legitimasi kekuasaan, tanggung jawab politik, dan hubungan antara hukum dengan moralitas.

Descartes juga punya kaitan menarik dengan warisan Aquinas. Descartes membangun filsafat modern melalui keraguan metodis, *cogito*, dan perbedaan tegas antara pikiran dan tubuh. Banyak unsur pemikirannya bergerak menjauh dari Aristotelianisme skolastik. Aquinas melihat manusia sebagai kesatuan tubuh dan jiwa, sedangkan Descartes menekankan perbedaan tajam antara *res cogitans* dan *res extensa*. Perbedaan ini membuat filsafat modern memiliki arah baru dalam memahami subjek, tubuh, dan pengetahuan. Membaca Aquinas bersama Descartes membuat terlihat perubahan besar dari filsafat Abad Pertengahan menuju filsafat modern. Di satu sisi ada manusia sebagai makhluk berjiwa-raga yang berada dalam tatanan kosmis. Di sisi lain ada subjek rasional yang mencari kepastian dari dirinya sendiri.

Dalam bidang hukum dan politik, pemikiran Aquinas masih terasa hidup melalui konsep hukum kodrat dan kebaikan umum. Dunia sekarang menghadapi banyak masalah yang tidak cukup diselesaikan oleh aturan formal, misalnya ketimpangan ekonomi, manipulasi data, politik identitas, kerusakan lingkungan, perdagangan manusia, dan kekerasan negara. Aquinas mengingatkan bahwa hukum perlu terhubung dengan akal budi dan tujuan moral. Hukum yang sah tidak cukup hanya dibuat oleh lembaga resmi. Hukum perlu mengarah pada kebaikan manusia dan masyarakat. Gagasan ini sering dipakai dalam diskusi etika publik, filsafat hukum, dan ajaran sosial gereja.

Pada akhirnya, Thomas Aquinas dapat dipahami sebagai tokoh penghubung antara warisan filsafat kuno, teologi Kristen, kehidupan universitas Abad Pertengahan, dan perkembangan pemikiran modern. Ia tidak menciptakan sains modern secara langsung, tetapi ia ikut membangun rasa percaya bahwa dunia dapat dipahami oleh akal manusia. Revolusi Ilmiah kemudian bergerak melampaui banyak unsur kosmologi lama, tetapi tidak sepenuhnya meninggalkan kebiasaan rasional yang sudah dibangun berabad-abad sebelumnya.

## **7. Albertus Magnus**

Albertus Magnus adalah filsuf, teolog, dan sarjana alam dari Ordo Dominikan. Ia lahir di wilayah Jerman sekitar akhir abad ke-12 atau awal abad ke-13, lalu mengajar di berbagai pusat pendidikan penting, termasuk Paris dan Cologne. Ia dikenal sebagai guru Thomas Aquinas dan sebagai salah satu tokoh yang memperkenalkan banyak karya Aristoteles ke dunia intelektual Latin. Julukan Magnus melekat karena cakupan ilmunya sangat luas, dari teologi sampai ilmu alam.

Albertus menaruh perhatian besar pada studi alam. Ia membahas tumbuhan, hewan, mineral, astronomi, dan berbagai fenomena fisik. Sikapnya menarik karena ia tidak puas hanya mengutip teks lama. Ia tetap menghormati Aristoteles, tapi memberi ruang bagi pengamatan langsung terhadap benda-benda alam. Dalam karya tentang hewan, misalnya, Albertus memasukkan deskripsi yang berasal dari pengalaman, laporan pengamat lain, dan perbandingan terhadap pengetahuan yang sudah ada.

Albertus punya peran besar dalam menjadikan Aristoteles bisa diterima di lingkungan Kristen Latin. Ia menulis komentar atas banyak karya Aristoteles dan

membantu menjelaskan filsafat alam Aristotelian kepada generasi sesudahnya. Bagi Albertus, karya Aristoteles berguna karena memberi cara untuk memahami alam menurut sebab-sebabnya. Ia tetap berada dalam kerangka teologis, tapi alam tidak diperlakukan sebagai wilayah yang haram untuk diteliti.

Hubungan Albertus dengan Revolusi Ilmiah ada pada kebiasaannya memberi nilai pada pengamatan alam. Ia belum bekerja dengan eksperimen matematis seperti Galileo, tapi ia ikut membentuk sikap bahwa fenomena alam dapat diklasifikasi, dicatat, dan dipelajari menurut sifatnya sendiri. Tradisi seperti ini menjadi salah satu jembatan awal sebelum ilmu alam modern berkembang lebih kuat pada masa Renaissance dan abad ke-17.

## **8. Roger Bacon**

Roger Bacon adalah filsuf Inggris abad ke-13 yang belajar di Oxford dan Paris. Ia bergabung dengan Ordo Fransiskan dan menulis beberapa karya penting, salah satunya *Opus Majus*. Bacon hidup dalam dunia Skolastik, tapi punya tekanan yang cukup khas pada pengalaman, bahasa, matematika, dan eksperimen. Ia percaya bahwa pembaruan ilmu membutuhkan penguasaan metode yang lebih kuat, bukan hanya hafalan terhadap otoritas lama.

Konsep yang sering dikaitkan dengan Roger Bacon adalah *scientia experimentalis*, yaitu pengetahuan yang bertumpu pada pengalaman dan pengujian. Ia tidak menolak logika, karena logika tetap penting dalam menyusun argumen. Masalahnya, logika saja tidak cukup untuk memastikan kebenaran tentang alam. Bagi Bacon, manusia perlu melihat, mencoba, menghitung, dan membandingkan hasil sebelum merasa yakin terhadap suatu klaim.

Roger Bacon hidup dalam lingkungan yang masih kuat dipengaruhi Aristoteles, terutama dalam logika dan filsafat alam. Bedanya, Bacon lebih menekan sisi matematika dan pengalaman langsung. Ia melihat bahwa pembelajaran Aristotelian akan mandek kalau hanya berhenti sebagai komentar atas teks. Karena itu, ia mendorong penggunaan matematika, optik, dan eksperimen sebagai cara memperkuat pemahaman terhadap alam.

Roger Bacon sering disebut sebagai salah satu pendahulu semangat empiris sebelum Revolusi Ilmiah. Sebutan ini perlu hati-hati, karena ia belum memakai metode eksperimen modern dalam arti abad ke-17. Meski begitu, dorongannya agar ilmu diuji melalui pengalaman memberi jejak penting dalam sejarah metode ilmiah. Ketika Galileo dan Newton kelak memakai observasi, eksperimen, dan matematika, beberapa unsur yang disukai Bacon tampak memperoleh bentuk yang lebih matang.

## **9. William of Ockham**

William of Ockham adalah filsuf dan teolog Inggris abad ke-14 dari Ordo Fransiskan. Ia belajar di Oxford dan kemudian terlibat dalam konflik dengan otoritas gereja, terutama dalam perdebatan tentang kemiskinan Fransiskan dan kekuasaan Paus. Ockham dikenal sebagai tokoh akhir Skolastik yang tajam dalam logika, bahasa, metafisika, dan politik. Pemikirannya sering ditempatkan dalam tradisi nominalisme.

Gagasan Ockham yang paling populer adalah prinsip kesederhanaan, sering disebut Ockham's Razor. Intinya, penjelasan tidak perlu menambah entitas atau asumsi yang tidak diperlukan. Dalam metafisika, Ockham menolak keberadaan universal sebagai benda nyata yang berdiri sendiri. Ia lebih menekankan individu konkret dan cara pikiran manusia membentuk konsep umum melalui bahasa dan pemahaman.

Ockham tetap memakai banyak perangkat logika yang berkembang dari tradisi Aristotelian, tapi ia lebih kritis terhadap metafisika yang dianggap terlalu berat. Bila beberapa pemikir Skolastik menerima struktur realitas yang kompleks, Ockham cenderung memangkas penjelasan yang menurutnya tidak perlu. Karena itu, ia bisa dilihat sebagai tokoh yang masih berada dalam dunia Skolastik, sambil mulai menggeser gaya berpikirnya ke arah analisis bahasa dan konsep.

Kaitan Ockham dengan Revolusi Ilmiah bukan pada eksperimen, melainkan pada disiplin berpikir yang hemat asumsi. Sains modern membutuhkan teori yang mampu menjelaskan data tanpa membawa beban metafisik yang berlebihan. Prinsip kesederhanaan tidak berarti penjelasan paling sederhana pasti benar, tapi ia membantu ilmuwan memilih model yang lebih efisien ketika beberapa teori sama-sama mampu menjelaskan fenomena.

Periode Peripatetik dan Skolastik menunjukkan bahwa perkembangan filsafat dan agama pada abad pertengahan bukanlah hubungan yang saling meniadakan, melainkan proses sintesis intelektual yang melahirkan bentuk pemikiran baru. Tradisi Peripatetik Islam melalui tokoh-tokoh seperti Ibnu Sina, dan Ibnu Rushd berhasil mengintegrasikan rasionalitas Aristoteles dengan metafisika Neoplatonian ke dalam kerangka teologi Islam, terutama melalui konsep emanasi, intelek aktif, dan hirarki keberadaan. Sementara itu, tradisi Skolastik Kristen yang berkembang melalui pemikir seperti Thomas Aquinas dan Albertus Magnus melanjutkan warisan tersebut dengan menjadikan logika Aristotelian sebagai metode utama untuk menjelaskan doktrin-doktrin gereja secara sistematis. Dari kedua tradisi ini terlihat bahwa akal dan wahyu dipahami sebagai dua jalan yang dapat saling melengkapi dalam pencarian kebenaran. Secara praktis, warisan intelektual Peripatetik dan Skolastik menjadi fondasi bagi lahirnya tradisi universitas, metode ilmiah, dan budaya diskusi rasional di dunia modern. Oleh karena itu, pembahasan mengenai Peripatetik dan Skolastik tidak hanya penting sebagai kajian sejarah filsafat, tetapi juga relevan untuk memahami bagaimana manusia membangun keseimbangan antara rasio, spiritualitas, dan ilmu pengetahuan dalam perkembangan peradaban.

## **Bab IV: Renaissance dan Revolusi Ilmiah**

---

### **1. Renaissance**

Masa Renaissance merupakan periode kebangkitan intelektual dan budaya besar dalam sejarah Eropa yang dimulai sekitar pertengahan abad ke-14 di Italia dan kemudian menyebar ke berbagai wilayah Eropa hingga abad ke-17. Istilah Renaissance berasal dari bahasa Prancis yang berarti “kelahiran kembali,” yaitu kebangkitan kembali minat masyarakat Eropa terhadap warisan intelektual, seni, filsafat, dan ilmu pengetahuan Yunani serta Romawi kuno setelah berabad-abad berada dalam dominasi kehidupan Abad Pertengahan. Pada masa ini, masyarakat mulai meninggalkan pola pikir lama yang terlalu terikat pada tradisi feodal dan otoritas gereja semata, lalu beralih kepada semangat humanisme yang menempatkan manusia, rasio, kreativitas, dan pendidikan sebagai pusat perkembangan peradaban. Kebangkitan ini didorong oleh berkembangnya perdagangan kota-kota Italia seperti Florence, Venice, dan Rome, munculnya keluarga-keluarga kaya pelindung seni seperti Medici, serta penemuan kembali manuskrip-manuskrip klasik yang sebelumnya disimpan dan dikembangkan oleh para ilmuwan Muslim. Renaissance melahirkan perubahan besar dalam berbagai bidang, mulai dari seni lukis, arsitektur, sastra, filsafat, hingga ilmu pengetahuan. Tokoh-tokoh seperti Leonardo da Vinci, Michelangelo, dan Niccolò Machiavelli menjadi simbol lahirnya manusia Renaissance yang tidak hanya menguasai satu bidang ilmu, tetapi mampu menggabungkan seni, intelektualitas, dan inovasi dalam kehidupan manusia modern.

### **2. Leonardo da Vinci: Simplicity is the Ultimate Sophistication**

Leonardo da Vinci merupakan salah satu tokoh paling berpengaruh dalam sejarah Renaissance dan sering disebut sebagai personifikasi “Manusia Renaissance” karena kemampuannya menguasai berbagai disiplin ilmu sekaligus, mulai dari seni lukis, anatomi, arsitektur, matematika, teknik, filsafat, hingga ilmu pengetahuan alam. Leonardo lahir pada 15 April 1452 di Vinci, Florence, Italia, sebagai anak di luar pernikahan dari seorang notaris bernama Piero da Vinci dan seorang perempuan desa bernama Caterina. Sejak muda ia menunjukkan rasa ingin tahu yang sangat besar terhadap dunia di sekitarnya. Pada usia empat belas tahun ia pergi ke Florence untuk belajar kepada Andrea del Verrocchio, seorang seniman besar yang juga berkaitan dengan keluarga Medici. Pendidikan di Florence menjadi titik penting pembentukan intelektual Leonardo karena pada masa Renaissance seorang seniman tidak hanya belajar melukis, tetapi juga mempelajari humaniora, matematika, anatomi, arsitektur, dan ilmu pengetahuan lain untuk memahami posisi manusia di alam semesta.

Leonardo berkembang menjadi seorang polymath, yaitu individu yang menguasai banyak bidang ilmu sekaligus. Ia tidak pernah membatasi dirinya pada satu spesialisasi, melainkan mengikuti rasa penasarannya terhadap seluruh aspek kehidupan. Ia percaya bahwa seni dan sains saling berkaitan dan bahwa manusia harus “mempelajari sains dari seni dan seni dari sains.” Pandangan ini menjadikan Leonardo memiliki pendekatan holistik terhadap pengetahuan, di mana pengamatan terhadap alam, tubuh

manusia, matematika, dan mekanika semuanya dapat digunakan untuk menciptakan karya seni maupun penemuan ilmiah. Ia mempelajari anatomi manusia melalui diseksi mayat, mengamati gerak air dan udara, meneliti perspektif optik, serta menulis berbagai catatan ilmiah mengenai gravitasi, hidrodinamika, panas, dan gerak benda. Leonardo telah mengembangkan gagasan awal mengenai gravitasi dan hukum gerak jauh sebelum Isaac Newton merumuskannya secara sistematis.

Dalam bidang seni, Leonardo menghasilkan karya-karya monumental seperti *Mona Lisa*, *The Last Supper*, *Virgin of the Rocks*, dan *Vitruvian Man*. *Mona Lisa* menjadi terkenal karena penggunaan teknik *sfumato*, yaitu gradasi lembut yang menciptakan tekstur realistis pada wajah dan menghasilkan ekspresi senyum yang misterius. Ia juga menggunakan *aerial perspective* dan *chiaroscuro* untuk menciptakan kedalaman ruang dan efek cahaya yang realistis. Pada *The Last Supper*, Leonardo menggunakan perspektif satu titik hilang dengan penempatan Yesus sebagai pusat komposisi sehingga seluruh arah visual tertuju kepadanya. Teknik ini dianggap revolusioner karena menggabungkan matematika, optika, dan seni dalam satu karya visual yang harmonis. Sementara itu, *Vitruvian Man* menjadi simbol hubungan antara tubuh manusia, geometri, dan alam semesta. Leonardo menggunakan konsep proporsi dari Vitruvius untuk menunjukkan bahwa tubuh manusia memiliki harmoni matematis yang mencerminkan keteraturan kosmos.

Selain seni, Leonardo memiliki kontribusi besar dalam anatomi dan ilmu pengetahuan. Ia membuat sketsa rinci mengenai sistem kerangka, otot, jantung, pembuluh darah, paru-paru, otak, dan sistem saraf manusia. Ia menggunakan metode observasi langsung dan diseksi mayat untuk memahami struktur tubuh secara ilmiah. Penelitian anatominya menjadi dasar penting bagi perkembangan anatomi modern dan kemudian memengaruhi ilmuwan seperti Andreas Vesalius. Leonardo mengembangkan teori antropometri melalui studi proporsi tubuh manusia dan *golden ratio*, yang kemudian berpengaruh besar terhadap arsitektur, desain, dan estetika modern.

Leonardo juga dikenal sebagai penemu dan insinyur visioner. Ia merancang konsep mesin terbang (*ornithopter*), helikopter, tank, kapal selam, pakaian selam, robot ksatria otomatis, sistem irigasi, hingga senapan mesin berputar. Walaupun sebagian besar penemuannya tidak sempat diwujudkan pada zamannya karena keterbatasan teknologi, rancangan-rancangan tersebut menunjukkan pemahaman Leonardo terhadap mekanika, aerodinamika, dan rekayasa teknik yang jauh melampaui masanya. Desain *ornithopter* dan konsep penerbangannya menjadi salah satu dasar awal pemikiran aerodinamika modern sebelum era Wright Bersaudara.

Pengaruh Leonardo terhadap Revolusi Ilmiah sangat besar karena ia menjadi salah satu tokoh pertama yang menggabungkan observasi empiris, eksperimen, matematika, dan visualisasi ilmiah dalam pencarian pengetahuan. Jika ilmuwan abad pertengahan cenderung mengandalkan otoritas teks klasik, Leonardo justru menekankan pentingnya pengalaman langsung dan pengamatan terhadap alam. Ia memperlihatkan bahwa seni dapat digunakan sebagai alat ilmiah untuk memahami dunia secara rasional. Cara berpikirnya menjadi fondasi bagi metode ilmiah modern yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh tokoh-tokoh Revolusi Ilmiah seperti Galileo Galilei dan Francis Bacon.

### 3. Michelangelo: Ancora Imparo

Michelangelo Buonarroti merupakan salah satu tokoh terbesar dalam Renaisans Italia yang tidak hanya dikenal sebagai pematung dan pelukis, tetapi juga sebagai arsitek, penyair, serta pemikir artistik yang mengubah arah seni Eropa. Michelangelo digambarkan menghabiskan sebagian besar hidup dewasanya di Florence dan Roma. Ia bekerja di bawah perlindungan keluarga Medici dan beberapa Paus, termasuk Paus Clement VII serta Paus Paul III. Setelah wafatnya Clement VII, Michelangelo menetap di Roma hingga akhir hayatnya dan memperoleh posisi resmi sebagai arsitek, pelukis, dan pematung utama Vatikan. Kehidupannya penuh tekanan politik, terutama setelah jatuhnya Florence dan tragedi politik Italia abad ke-16. Pengalaman sejarah ini memengaruhi suasana emosional karya-karyanya yang monumental dan tragis.

Sebagai pematung, Michelangelo dipandang mencapai tingkat ekspresi yang belum pernah ada sebelumnya. Karya-karya utamanya seperti makam keluarga Medici di Sacristy San Lorenzo, patung *Night, Day, Dawn, dan Twilight*, yang bukan sekadar figur manusia, melainkan alegori tentang waktu, kehidupan, kematian, penderitaan, dan takdir manusia. Patung-patung tersebut menunjukkan konsep artistik Michelangelo bahwa tubuh manusia dapat dijadikan medium untuk mengekspresikan ide metafisik dan psikologis. Dalam pandangannya, anatomi manusia bukan hanya bentuk fisik, tetapi manifestasi pergulatan jiwa. Karena itu figur-figur buaatannya tampak tegang, monumental, dan dipenuhi energi emosional. Michelangelo sering meninggalkan beberapa bagian karya dalam keadaan belum selesai (*non-finito*), namun justru hal itu memperkuat kesan dramatis dan spiritual dari patung-patungnya. Karya monumental lainnya adalah makam Paus Julius II dengan patung Moses, yang disebut sebagai salah satu karya terbesar dunia. Selain itu terdapat pula patung *Bound Captive, Victory*, dan berbagai rancangan figur alegoris lainnya yang menunjukkan obsesinya terhadap kekuatan tubuh manusia dan gerak dramatis.

Dalam bidang lukisan, karya paling terkenal adalah fresko *The Last Judgment* di Kapel Sistina. Lukisan tersebut memperlihatkan penghakiman akhir dengan komposisi ratusan tubuh manusia yang bergerak secara dinamis. Karya ini menimbulkan kontroversi karena ketelanjangan figur-figurnya, namun sekaligus dipuji sebagai pencapaian artistik luar biasa. Michelangelo memperlakukan tubuh manusia sebagai pusat ekspresi kosmik dan spiritual, sehingga gerak otot, posisi tubuh, dan ekspresi wajah menjadi sarana untuk menggambarkan kecemasan eksistensial manusia di hadapan Tuhan. Ia mengubah seni religius dari bentuk simbolik abad pertengahan menjadi drama manusia yang hidup dan penuh energi.

Michelangelo sebagai tokoh transisional yang mengubah arah arsitektur Renaisans menuju gaya Baroque dan sekaligus memengaruhi perkembangan arsitektur klasik modern. Karya arsitekturalnya meliputi Sacristy Baru San Lorenzo, Laurentian Library, dan terutama kubah Basilika Santo Petrus di Roma. Michelangelo sering memperlakukan arsitektur sebagai “kerangka bagi patung,” sehingga bangunan-bangunannya dipenuhi efek dramatis, permainan cahaya-bayang, ritme visual, dan bentuk monumental. Dalam Laurentian Library, ia menciptakan tangga monumental dan struktur interior yang melanggar aturan klasik tradisional demi menciptakan efek emosional dan visual baru.

Konsep-konsep utama Michelangelo yang muncul antara lain adalah gagasan tentang supremasi bentuk manusia, hubungan antara seni dan emosi metafisik, penggunaan alegori untuk menjelaskan kondisi manusia, serta keyakinan bahwa seni harus membangkitkan kekaguman dan kekuatan spiritual. Ia juga memperkenalkan kebebasan artistik terhadap aturan klasik yang terlalu kaku. Michelangelo “membebaskan” arsitektur dari rantai tradisi dan membuka jalan bagi eksperimen baru. Hal ini menyebabkan lahirnya gaya Baroque yang penuh gerak, dramatis, dan emosional.

Pengaruh Michelangelo terhadap pemikir dan seniman setelahnya sangat besar. arsitek seperti Gian Lorenzo Bernini dan Andrea Palladio berkembang melalui respons terhadap karya-karyanya. Dalam konteks revolusi ilmiah, pengaruh Michelangelo terlihat melalui penekanannya pada studi anatomi, proporsi tubuh, perspektif ruang, dan konstruksi geometris. Pendekatan artistiknya membantu memperkuat budaya observasi empiris yang juga berkembang dalam ilmu pengetahuan Renaisans.

#### **4. Niccolò Machiavelli: The Prince**

Niccolò Machiavelli merupakan salah satu tokoh paling penting dalam filsafat politik Renaissance yang dikenal sebagai pelopor pemikiran politik modern. Niccolò Machiavelli lahir di Florence pada 3 Mei 1469 dan wafat pada 21 Juni 1527. Ia hidup pada masa ketika Italia, khususnya Florence, berada dalam kondisi politik yang kacau akibat perebutan kekuasaan antara keluarga Medici, republik Florence, dan intervensi kekuatan asing seperti Prancis serta Spanyol. Situasi inilah yang membentuk pandangan Machiavelli tentang politik sebagai arena yang dipenuhi intrik, manipulasi, ambisi, dan perjuangan mempertahankan kekuasaan. Sebagai diplomat dan pejabat Republik Florence, Machiavelli menjalani berbagai misi diplomatik dan berinteraksi langsung dengan tokoh-tokoh besar seperti Cesare Borgia. Pengalaman praktis ini membuat pemikirannya berbeda dari tradisi idealisme klasik milik Plato dan Aristoteles, karena ia menilai politik bukan berdasarkan moralitas abstrak, melainkan berdasarkan realitas kekuasaan yang nyata.

Pemikiran Machiavelli berpusat pada konsep realpolitik, yaitu pandangan bahwa politik harus dijalankan secara pragmatis demi stabilitas negara dan keberlangsungan kekuasaan. Ia menolak anggapan bahwa pemimpin harus selalu tunduk pada moralitas agama atau etika tradisional. Menurutnya, penguasa yang berhasil adalah mereka yang mampu memahami kenyataan manusia yang egois dan mudah dipengaruhi oleh kepentingan pribadi. Dalam kerangka itu, Machiavelli memperkenalkan dua konsep utama yaitu *virtù* dan *fortuna*. *Virtù* bukan berarti kebajikan moral, tetapi kemampuan, keberanian, kecerdasan strategis, dan fleksibilitas seorang pemimpin dalam menghadapi situasi. Sementara *fortuna* merujuk pada keberuntungan atau nasib yang tidak dapat sepenuhnya dikendalikan manusia. Seorang penguasa yang baik harus mampu memanfaatkan *fortuna* melalui *virtù* sehingga ia dapat mempertahankan kekuasaan di tengah dunia politik yang tidak pasti.

Karya Machiavelli yang paling terkenal adalah *Il Principe* (The Prince), ditulis tahun 1513. Dalam karya ini ia memberikan panduan praktis tentang bagaimana seorang penguasa memperoleh dan mempertahankan kekuasaan. Buku tersebut memuat gagasan kontroversial seperti lebih baik ditakuti daripada dicintai apabila seorang

pemimpin tidak dapat menjadi keduanya sekaligus. Machiavelli juga menekankan bahwa penguasa tidak harus selalu menepati janji apabila keadaan politik berubah dan janji itu tidak lagi menguntungkan negara. Dari sinilah muncul asosiasi terhadap prinsip “tujuan menghalalkan cara,” walaupun ungkapan tersebut tidak pernah ditulis secara literal oleh Machiavelli sendiri. Ia memandang bahwa tindakan keras, manipulasi, propaganda, bahkan kekerasan dapat dibenarkan apabila bertujuan menjaga stabilitas negara dan mencegah kekacauan politik.

Selain *Il Principe*, Machiavelli menghasilkan banyak karya penting lain. Dalam *Discourses on Livy* (*Discorsi sopra la prima deca di Tito Livio*), ia membahas republik Romawi dan menilai sistem republik lebih mampu menyeimbangkan kepentingan publik serta kepentingan pribadi dibanding monarki absolut. Karya ini menunjukkan bahwa Machiavelli tidak semata-mata pendukung tirani, melainkan juga pengagum republik yang stabil. Dalam *The Art of War* (*Dell’arte della guerra*), ia menekankan pentingnya militer nasional yang kuat dan menolak ketergantungan pada tentara bayaran. Melalui *Istorie Fiorentine* (*History of Florence*), ia menyusun analisis sejarah politik Florence sekaligus refleksi kritis atas konflik sosial dan perebutan kekuasaan di kota tersebut. Di bidang sastra, ia menulis *Mandragola*, sebuah komedi satir yang menggambarkan tipu daya, moralitas manusia, dan kemunafikan sosial. Ia juga menghasilkan karya lain seperti *Clizia*, *Belfagor arcidiavolo*, *Decennali*, *Asino d’oro*, surat-surat pribadi, dan laporan diplomatik yang memperlihatkan pemikirannya tentang politik dan kehidupan manusia.

Pandangan Machiavelli mengenai manusia sangat realistis bahkan cenderung pesimistis. Ia menggambarkan manusia sebagai makhluk yang mudah dikuasai oleh ambisi, kepentingan pribadi, dan rasa takut. Karena itu, menurutnya, pemimpin harus memahami psikologi rakyat dan elit politik. Ia percaya bahwa rakyat merupakan fondasi stabilitas negara, tetapi rakyat juga mudah dipengaruhi oleh propaganda dan janji politik. Dalam hubungan antara cinta dan ketakutan, Machiavelli menyatakan bahwa ketakutan lebih efektif dibanding cinta karena manusia lebih takut pada hukuman daripada kehilangan kasih sayang. Namun, penguasa tetap harus menghindari kebencian rakyat karena kebencian dapat melahirkan pemberontakan.

Machiavelli merupakan tokoh Renaissance yang merevolusi cara manusia memahami kekuasaan, kepemimpinan, dan negara. Ia menggambarkan politik sebagai seni bertahan hidup dalam dunia yang penuh ketidakpastian, ambisi, dan konflik. Walaupun sering dianggap kontroversial karena memisahkan moralitas dari politik, pemikirannya justru membuka jalan bagi pendekatan modern yang lebih realistis dan empiris dalam memahami masyarakat. Oleh sebab itu, warisan intelektual Machiavelli tidak hanya memengaruhi politik modern, tetapi juga memberikan kontribusi penting terhadap berkembangnya pola pikir rasional yang menjadi ciri utama revolusi ilmiah dan modernitas Barat.

## 5. The Scientific Revolution

Revolusi ilmiah merupakan salah satu titik balik paling penting dalam sejarah peradaban manusia karena pada masa inilah cara manusia memahami alam semesta berubah secara radikal dari pendekatan tradisional yang berbasis otoritas gereja dan filsafat skolastik menuju pendekatan rasional, empiris, dan matematis. Periode yang berkembang terutama pada abad ke-16 hingga abad ke-17 ini tidak muncul secara tiba-tiba, melainkan lahir dari akumulasi panjang pemikiran Renaissance yang menekankan humanisme, kebebasan intelektual, dan keberanian untuk mempertanyakan otoritas lama. Tokoh-tokoh Renaissance seperti Leonardo da Vinci, Niccolò Machiavelli, dan Michelangelo membantu membentuk iklim intelektual baru yang mendorong observasi langsung, rasionalitas, dan penghargaan terhadap kemampuan manusia. Dari fondasi inilah kemudian muncul para pemikir revolusi ilmiah seperti Nicolaus Copernicus, Galileo Galilei, Johannes Kepler, René Descartes, hingga Isaac Newton yang mulai menjelaskan alam melalui hukum-hukum universal yang dapat diuji melalui eksperimen dan matematika. Revolusi ilmiah bukan sekadar perkembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga transformasi besar dalam cara manusia memandang realitas, otoritas, dan posisi manusia di dalam alam semesta.

## 6. Nicolaus Copernicus

Nicolaus Copernicus adalah astronom, matematikawan, ekonom, sekaligus tokoh Renaissance asal Polandia yang lahir di Toruń pada 19 Februari 1473 dan meninggal di Frombork pada 24 Mei 1543. Ia berasal dari keluarga pedagang kaya dan setelah ayahnya meninggal, pendidikan serta kariernya dibimbing oleh pamannya yang merupakan seorang uskup Katolik. Copernicus menempuh pendidikan di Universitas Kraków dan kemudian melanjutkan studi di Bologna, Padua, dan Ferrara di Italia, mempelajari matematika, astronomi, filsafat, hukum kanon, serta humanisme Renaissance. Lingkungan intelektual Renaissance membuatnya terdorong untuk meninjau kembali pandangan kosmologi klasik dan mengembangkan pendekatan yang lebih rasional serta matematis terhadap alam semesta.

Karya terbesar Copernicus adalah *De Revolutionibus Orbium Coelestium* yang diterbitkan pada tahun 1543, tepat menjelang kematiannya. Dalam karya tersebut ia memperkenalkan teori heliosentris, yaitu pandangan bahwa Matahari berada di pusat tata surya, sedangkan Bumi dan planet-planet lain bergerak mengelilinginya. Ia juga menjelaskan bahwa Bumi berotasi pada porosnya setiap 24 jam sehingga menghasilkan pergantian siang dan malam, serta menjelaskan gerak retrograde planet sebagai ilusi optik akibat pergerakan relatif Bumi. Meskipun masih mempertahankan gagasan orbit lingkaran sempurna, teorinya merupakan terobosan besar karena menggantikan model geosentris Ptolemaeus yang telah diterima lebih dari seribu tahun.

Selain astronomi, Copernicus juga menghasilkan karya dalam bidang ekonomi melalui risalah *Monetae Cudendae Ratio* yang membahas kebijakan moneter. Dalam tulisan itu ia merumuskan prinsip yang kemudian dikenal sebagai "Hukum Gresham," yakni gagasan bahwa uang buruk akan mengusir uang baik dari peredaran. Ia juga menjalani kehidupan multidisipliner sebagai kanon gereja, dokter, ekonom, dan pejabat administratif di wilayah Warmia. Posisi tersebut memberinya stabilitas finansial dan kesempatan untuk melakukan penelitian astronomi secara mendalam. Konsep

heliosentris Copernicus menjadi awal dari Revolusi Ilmiah dan mengubah cara manusia memahami alam semesta. Sebelum Copernicus, manusia dipandang sebagai pusat ciptaan dalam kosmos geosentris. Dengan menempatkan Matahari sebagai pusat tata surya, Copernicus mengubah paradigma tersebut dan menunjukkan bahwa Bumi hanyalah bagian kecil dari sistem kosmik yang jauh lebih luas. Pergeseran ini mendorong lahirnya pendekatan rasional dan empiris dalam ilmu pengetahuan, menggantikan dominasi otoritas tradisi dan doktrin. Pemikirannya kemudian disempurnakan oleh Johannes Kepler melalui teori orbit elips, diperkuat oleh pengamatan teleskopik Galileo Galilei, dan menjadi dasar bagi hukum gravitasi universal Isaac Newton.

## **7. Galileo Galilei**

Galileo Galilei adalah ilmuwan Italia yang lahir di Pisa pada 15 Februari 1564 dan meninggal di Arcetri dekat Florence pada 8 Januari 1642. Dalam sejarah Revolusi Ilmiah, Galileo sering digambarkan sebagai salah satu tokoh terpenting dalam sejarah ilmu pengetahuan dan sering disebut sebagai “Bapak Ilmu Pengetahuan Modern” karena kontribusinya yang besar dalam astronomi, fisika, matematika, dan metode ilmiah. Ia merupakan anak tertua dari enam bersaudara dalam keluarga Vincenzo Galilei, seorang musisi dan teoritis musik. Awalnya Galileo mempelajari kedokteran di Universitas Pisa, tetapi kemudian beralih ke matematika dan filsafat alam karena minatnya yang besar terhadap ilmu pengetahuan. Ia kemudian menjadi profesor matematika di Universitas Pisa dan Universitas Padua, tempat ia mengembangkan penelitian tentang mekanika, dinamika, dan astronomi. Dalam konteks Revolusi Ilmiah, Galileo dipandang sebagai tokoh yang mengubah cara manusia memahami alam semesta melalui pendekatan empiris dan eksperimental. Ia memperbaiki teleskop dan menggunakannya untuk melakukan pengamatan astronomis yang revolusioner. Galileo menjadi orang pertama yang mengamati permukaan Bulan secara rinci dan menemukan bahwa Bulan memiliki gunung serta kawah, bertentangan dengan pandangan Aristotelian yang menganggap benda langit sempurna dan halus. Ia juga menemukan empat satelit terbesar Jupiter (Io), Europa, Ganymede, dan Callisto yang sekarang dikenal sebagai “satelit Galilean.” Penemuan ini menunjukkan bahwa tidak semua benda langit mengorbit Bumi. Selain itu, pengamatannya terhadap fase Venus memberikan dukungan kuat bagi teori heliosentris Nicolaus Copernicus, sedangkan pengamatannya terhadap Bima Sakti membuktikan bahwa galaksi terdiri dari sangat banyak bintang yang tidak terlihat oleh mata telanjang.

Dalam bidang fisika, Galileo mengembangkan konsep-konsep penting yang menjadi dasar mekanika modern. Ia meneliti gerak jatuh bebas dan menyimpulkan bahwa semua benda jatuh dengan percepatan yang sama jika hambatan udara diabaikan, sekaligus membantah pandangan Aristoteles bahwa benda berat jatuh lebih cepat daripada benda ringan. Ia juga mengembangkan prinsip inersia, yakni gagasan bahwa suatu benda akan terus bergerak dalam garis lurus kecuali ada gaya luar yang memengaruhinya. Konsep ini kemudian menjadi fondasi bagi hukum gerak Isaac Newton. Galileo juga menekankan bahwa matematika adalah bahasa alam semesta dan bahwa pengetahuan ilmiah harus dibangun melalui observasi, eksperimen sistematis, dan pembuktian matematis. Karena itu, pembahasannya ini menggambarkannya sebagai pelopor metode ilmiah modern.

Karya-karya utama Galileo mencerminkan perkembangan pemikirannya. Dalam *Sidereus Nuncius*, ia melaporkan hasil pengamatan teleskopiknya, termasuk permukaan Bulan dan satelit Jupiter. Dalam *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, Galileo membandingkan model geosentris Ptolemaeus dengan model heliosentris Copernicus dan secara jelas mendukung heliosentrisme. Sedangkan dalam *Discourses and Mathematical Demonstrations Relating to Two New Sciences*, ia membahas prinsip mekanika dan kekuatan material yang menjadi dasar fisika klasik serta ilmu teknik modern. Dukungan Galileo terhadap heliosentrisme membawanya ke konflik besar dengan Gereja Katolik. Pada tahun 1616 ajaran Copernican dilarang, tetapi Galileo tetap mempertahankannya dalam tulisan-tulisannya. Akibatnya, pada tahun 1633 ia diadili oleh Inkuisisi dan dipaksa menarik dukungannya terhadap heliosentrisme, lalu menjalani tahanan rumah hingga akhir hidupnya. Meski demikian, pembahasan ini menekankan bahwa perjuangan Galileo kemudian menjadi simbol kebebasan intelektual dan pentingnya pemisahan antara sains dan dogma. Pada tahun 1992, Paus Yohanes Paulus II secara resmi merehabilitasi Galileo dan mengakui kesalahan Gereja dalam pengadilannya.

Pengaruh Galileo terhadap pemikir setelahnya sangat luas dan mendalam. Prinsip inersia dan studi geraknya menjadi dasar langsung bagi fisika Newtonian, sementara pendekatan eksperimentalnya memengaruhi seluruh perkembangan metode ilmiah modern. Filsuf sains seperti Karl Popper menjadikan metode Galileo sebagai contoh falsifikasionisme, yakni pengujian teori melalui eksperimen dan observasi.

## **8. Johannes Kepler**

Johannes Kepler adalah salah satu tokoh paling penting dalam Revolusi Ilmiah yang lahir pada 27 Desember 1571 di Weil der Stadt, Württemberg, Jerman, dan meninggal pada 15 November 1630 di Regensburg. Ia lahir dari keluarga sederhana, ayahnya adalah tentara bayaran, sedangkan ibunya seorang tabib herbal. Masa kecil Kepler dipenuhi kesulitan, termasuk kondisi kesehatan yang buruk akibat cacar yang melemahkan penglihatannya. Meskipun demikian, sejak kecil ia menunjukkan kecerdasan luar biasa dalam matematika dan astronomi. Pada tahun 1589 ia belajar di Universitas Tübingen dan di sana diperkenalkan pada teori heliosentris Nicolaus Copernicus oleh Michael Maestlin. Sejak saat itu Kepler menjadi pendukung kuat model heliosentris meskipun pandangan tersebut masih kontroversial pada zamannya.

Karier ilmiah Kepler dimulai ketika ia menjadi guru matematika di Graz, Austria, dan menulis karya penting pertamanya, *Mysterium Cosmographicum*. Dalam karya tersebut Kepler mencoba menjelaskan jarak antarplanet melalui lima padatan Platonis dan menunjukkan keyakinannya bahwa alam semesta diatur oleh prinsip-prinsip matematis. Walaupun teori itu kemudian dianggap tidak akurat, buku tersebut memperlihatkan kemampuan matematikanya yang luar biasa dan menarik perhatian astronom besar Denmark, Tycho Brahe. Pada tahun 1600 Kepler bergabung dengan Tycho di Praha dan setelah kematian Tycho pada 1601, ia mewarisi data astronomi yang sangat rinci dan menjadi ahli matematika kekaisaran di bawah Kaisar Rudolf II.

Pencapaian terbesar Kepler adalah perumusan tiga hukum gerak planet yang kemudian dikenal sebagai "Hukum Kepler." Dari analisis panjang terhadap orbit Mars, Kepler menemukan bahwa orbit planet bukan lingkaran sempurna seperti yang diyakini

sebelumnya, melainkan elips. Hukum pertama menyatakan bahwa setiap planet bergerak dalam orbit elips dengan Matahari berada di salah satu fokusnya. Hukum kedua menyatakan bahwa garis imajiner yang menghubungkan planet dengan Matahari menyapu luas area yang sama dalam waktu yang sama, sehingga planet bergerak lebih cepat saat dekat Matahari dan lebih lambat saat jauh. Hukum ketiga menyatakan bahwa kuadrat periode orbit planet sebanding dengan kubus rata-rata jaraknya dari Matahari. Hukum-hukum ini menjadi dasar astronomi modern dan landasan bagi teori gravitasi universal Isaac Newton.

Konsep utama Kepler dipublikasikan dalam beberapa karya besar. Dalam *Astronomia Nova*, ia memperkenalkan dua hukum pertama gerak planet sekaligus pendekatan baru yang menggabungkan matematika dengan prinsip fisika dan data observasi. Dalam *Harmonices Mundi*, ia memperkenalkan hukum ketiga serta mengembangkan gagasan tentang harmoni matematis alam semesta. Selain itu, *Epitome Astronomiae Copernicanae* menjadi salah satu buku teks heliosentris paling penting di Eropa dan membantu menyebarkan hukum-hukum Kepler hingga abad ke-18.

Selain astronomi, Kepler juga memberikan kontribusi besar dalam bidang optik dan matematika. Dalam *Ad Vitellionem Paralipomena*, ia menjelaskan hukum pembiasan cahaya, cara kerja mata manusia, dan prinsip kerja teleskop. Ia menjadi salah satu ilmuwan pertama yang menjelaskan penggunaan lensa cekung dan cembung dalam teleskop astronomi, yang kemudian disempurnakan oleh Galileo Galilei. Kepler juga mengembangkan teknik interpolasi numerik dan metode awal kalkulus dalam *Nova Stereometria Doliorum Vinariorum* yang kemudian menjadi dasar perkembangan integral oleh Newton dan Leibniz. Kehidupan pribadi Kepler penuh kesulitan. Sebagai seorang Protestan di tengah konflik Katolik-Protestan, ia mengalami diskriminasi dan kesulitan ekonomi. Ia juga harus membela ibunya yang dituduh sebagai penyihir pada tahun 1615. Meskipun menghadapi tekanan politik, agama, dan finansial, Kepler tetap melanjutkan penelitian ilmiahnya hingga akhir hayat.

Newtonian dan astronomi modern. Newton menggunakan hukum Kepler untuk merumuskan gravitasi universal dalam *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Selain itu, pendekatan Kepler yang menggabungkan observasi empiris, matematika, dan teori fisika menjadi fondasi metode ilmiah modern. Pengaruhnya juga terlihat dalam eksplorasi ruang angkasa modern, hukum Kepler digunakan dalam perencanaan orbit satelit, peluncuran wahana antariksa, dan studi eksoplanet. Bahkan teleskop antariksa Kepler Space Telescope dinamai untuk menghormatinya.

## 9. Isaac Newton

Isaac Newton adalah salah satu tokoh paling berpengaruh dalam sejarah ilmu pengetahuan dan sering disebut sebagai “Bapak Fisika Modern.” Newton lahir pada 25 Desember 1642 di Woolsthorpe Manor, Lincolnshire, Inggris, dan sejak kecil menjalani kehidupan yang relatif kesepian karena ayahnya meninggal sebelum ia lahir, sementara ibunya menikah lagi dan meninggalkannya bersama neneknya. Meskipun berasal dari keluarga petani, Newton menunjukkan kecerdasan luar biasa sejak muda. Ia belajar di Trinity College, Universitas Cambridge, pada tahun 1661 dan mendalami matematika, fisika, serta astronomi. Ketika wabah Great Plague of London menyebabkan Cambridge ditutup pada 1665, Newton kembali ke rumahnya dan memasuki periode yang dikenal sebagai “*annus mirabilis*” atau “tahun ajaib,” karena pada masa inilah ia mengembangkan gagasan-gagasan besar tentang kalkulus, gravitasi, dan optik. Ia kemudian kembali ke Cambridge sebagai pengajar dan menjadi Profesor Lucasian pada 1669. Pada 1703 Newton terpilih sebagai Presiden Royal Society dan memainkan peranan penting dalam perkembangan sains Inggris hingga wafat pada tahun 1727 dan dimakamkan di Westminster Abbey.

Karya terbesar Newton adalah *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* yang dikenal sebagai *Principia*. Dalam karya monumental ini Newton merumuskan tiga hukum gerak dan hukum gravitasi universal yang menjadi dasar fisika klasik. Hukum pertama Newton menyatakan bahwa benda akan tetap diam atau bergerak lurus beraturan selama tidak ada gaya luar yang bekerja padanya, prinsip ini dikenal sebagai hukum inersia. Hukum kedua menyatakan bahwa percepatan suatu benda sebanding dengan gaya yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya. Secara matematis konsep ini dirumuskan sebagai  $F = ma$ . Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa setiap aksi selalu menimbulkan reaksi yang sama besar dan berlawanan arah. Prinsip ini menjadi dasar pemahaman tentang interaksi gaya dalam mekanika klasik. Selain itu Newton juga merumuskan hukum gravitasi universal yang menjelaskan bahwa setiap benda di alam semesta saling tarik-menarik dengan gaya yang sebanding dengan massa keduanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

Konsep gravitasi universal Newton dijelaskan melalui persamaan  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ . Melalui konsep ini Newton berhasil menjelaskan gerak benda di Bumi dan gerak planet di langit menggunakan hukum yang sama. Ia membuktikan bahwa orbit planet yang ditemukan oleh Johannes Kepler dapat dipahami melalui gaya gravitasi universal. Dengan demikian Newton menyatukan astronomi dan fisika ke dalam satu kerangka matematis yang rasional.

Selain mekanika dan gravitasi, Newton memberikan kontribusi besar dalam bidang optik melalui tulisannya berjudul *Opticks*. Dalam buku tersebut ia menjelaskan bahwa cahaya putih sebenarnya terdiri atas berbagai warna yang dapat diuraikan menggunakan prisma. Penelitiannya merevolusi pemahaman tentang cahaya dan penglihatan. Newton juga menciptakan teleskop reflektor yang menggunakan cermin untuk mengurangi aberasi kromatik pada teleskop refraktor. Desain teleskop Newtonian ini masih digunakan dalam observatorium modern hingga sekarang.

Dalam bidang matematika, Newton mengembangkan kalkulus secara independen melalui konsep yang ia sebut “fluxions.” Walaupun penemuannya menjadi sumber

perselisihan besar dengan Gottfried Wilhelm Leibniz, pembahasan ini menegaskan bahwa kontribusi Newton terhadap kalkulus sangat penting bagi perkembangan matematika modern. Kalkulus Newton kemudian menjadi dasar berbagai cabang ilmu seperti mekanika, termodinamika, ekonomi matematis, simulasi komputer, hingga kecerdasan buatan modern. Ia juga mengembangkan teori binomial dan berbagai metode numerik yang masih digunakan dalam teknik dan komputasi modern. Pemikiran Newton menginspirasi filsuf seperti John Locke, Voltaire, dan Immanuel Kant. Ia memperlihatkan bahwa alam dapat dipahami melalui akal dan observasi empiris, bukan sekadar spekulasi metafisis.

Pengaruh Newton terhadap sains modern sangat besar dan meluas ke hampir seluruh cabang ilmu pengetahuan. Hukum geraknya menjadi dasar rekayasa teknik, dinamika kendaraan, balistik, dan mekanika struktural. Hukum gravitasinya memungkinkan pengembangan teknologi luar angkasa, perhitungan orbit satelit, peluncuran roket, hingga eksplorasi planet dan misi ke Mars. Kalkulus Newton menjadi fondasi matematika terapan modern dan simulasi fisika komputer. Bahkan fisika Newtonian masih digunakan secara luas dalam banyak bidang meskipun sebagian konsepnya kemudian disempurnakan oleh teori relativitas Albert Einstein.

## **10. René Descartes: Cogito Ergo Sum**

René Descartes adalah filsuf, matematikawan, dan ilmuwan Prancis abad ke-17 yang sering disebut sebagai “Bapak Filsafat Modern.” Descartes lahir pada 31 Maret 1596 di La Haye en Touraine, Prancis, yang kemudian dinamai ulang menjadi Descartes untuk menghormatinya. Ia berasal dari keluarga bangsawan kecil dan memperoleh pendidikan awal di Jesuit College of La Flèche, tempat ia mempelajari filsafat skolastik dan sains Aristotelian. Setelah itu ia melanjutkan studi hukum di Universitas Poitiers dan memperoleh gelar pada tahun 1616. Descartes kemudian bergabung dengan militer Belanda dan Bavaria, serta melakukan perjalanan ke berbagai wilayah Eropa. Pengalaman intelektual dan pengembaraan ini membentuk pemikirannya tentang matematika, filsafat, dan metode ilmiah.

Konsep paling terkenal yang diciptakan Descartes adalah prinsip “Cogito, ergo sum” (“Aku berpikir, maka aku ada”) yang dijelaskan dalam *Meditations on First Philosophy*. Melalui metode skeptisisme radikal, Descartes meragukan segala sesuatu meliputi indra, pengalaman, bahkan matematika. Hingga ia menemukan satu kebenaran yang tidak mungkin diragukan yaitu fakta bahwa ia sedang berpikir. Dari sinilah ia menyimpulkan bahwa keberadaan dirinya sebagai subjek yang berpikir adalah sesuatu yang pasti. Konsep ini menjadi dasar epistemologi modern karena menempatkan kesadaran dan rasio sebagai fondasi utama pengetahuan. Descartes juga menciptakan metode berpikir sistematis yang dikenal sebagai “Metode Cartesian” melalui *Discourse on the Method*. Metode ini terdiri atas empat prinsip utama meliputi keraguan sistematis, analisis, sintesis, dan enumerasi atau tinjauan menyeluruh. Ia menolak menerima sesuatu sebagai benar sebelum terbukti jelas dan tak terbantahkan, setiap masalah harus dipecah menjadi bagian-bagian kecil, pengetahuan harus dibangun dari hal paling sederhana menuju yang lebih kompleks, dan seluruh proses harus diperiksa kembali agar tidak ada kesalahan.

Dalam filsafat, Descartes terkenal dengan teori dualismenya yang membedakan antara pikiran dan materi. Ia menyebut pikiran sebagai *res cogitans* (substansi berpikir) dan tubuh atau materi sebagai *res extensa* (substansi yang memiliki dimensi fisik). Menurut Descartes, pikiran bersifat nonmaterial dan menjadi pusat kesadaran, sedangkan tubuh mengikuti hukum-hukum mekanika fisik. Ia juga berpendapat bahwa interaksi antara pikiran dan tubuh terjadi melalui kelenjar pineal di otak. Dualisme Cartesian ini menjadi dasar penting bagi filsafat pikiran, psikologi, dan ilmu kognitif modern, meskipun kemudian mendapat banyak kritik dari pemikir materialis dan empiris.

Selain filsafat, Descartes memberikan kontribusi revolusioner dalam matematika melalui *La Géométrie*. Dalam karya tersebut ia mengembangkan geometri analitik dan memperkenalkan sistem koordinat Cartesian yang memungkinkan hubungan antara aljabar dan geometri. Sistem koordinat ini menjadi dasar matematika modern, kalkulus, fisika, grafik komputer, teknik, dan ilmu data. Representasi geometris melalui sumbu koordinat Cartesian masih menjadi fondasi utama dalam matematika dan sains modern hingga sekarang. Dalam bidang ilmu alam, Descartes memandang alam semesta sebagai “mesin besar” yang bekerja berdasarkan hukum-hukum mekanis dan rasional. Dalam *Principles of Philosophy*, ia mencoba menjelaskan fenomena fisik melalui prinsip mekanika. Pandangan mekanistik ini membantu menggeser dunia intelektual Eropa dari kosmologi Aristotelian menuju pendekatan ilmiah modern berbasis hukum alam, matematika, dan eksperimen. Ia percaya bahwa pengetahuan ilmiah harus diperoleh melalui rasio, analisis logis, dan observasi yang sistematis.

Teori skeptisisme Cartesian juga menjadi bagian penting dari warisan Descartes. Ia mengembangkan konsep “keraguan metodis,” yakni proses meragukan seluruh keyakinan untuk menemukan dasar pengetahuan yang benar-benar pasti. Dalam metode ini, Descartes meragukan validitas indra, membandingkan kenyataan dengan mimpi, bahkan mengajukan hipotesis “genius jahat” (*malin génie*) yang mungkin menipu manusia dalam segala hal. Namun melalui keraguan ekstrem tersebut, ia justru menemukan kepastian tentang eksistensi diri yang berpikir.

Pengaruh Descartes terhadap sains modern sangat luas. Metode Cartesian membantu membentuk fondasi metode ilmiah yang menekankan analisis rasional, observasi, dan pembuktian sistematis. Pendekatan ini mendorong perkembangan ilmu fisika, matematika, astronomi, dan ilmu alam modern. Pemikirannya memengaruhi tokoh-tokoh besar seperti Isaac Newton, Immanuel Kant, John Locke, dan David Hume. Bahkan perdebatan antara rasionalisme Descartes dan empirisme kemudian menjadi pusat perkembangan filsafat modern.

Revolusi ilmiah merupakan titik balik besar dalam sejarah peradaban manusia karena pada masa inilah cara manusia memahami alam berubah secara mendasar, dari pemikiran yang bertumpu pada otoritas tradisi menuju pendekatan yang berlandaskan rasio, observasi, eksperimen, dan pembuktian matematis. Tokoh-tokoh seperti Nicolaus Copernicus, Galileo Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton, dan René Descartes tidak hanya menciptakan teori-teori baru, tetapi juga membangun fondasi metodologis bagi lahirnya sains modern. Melalui keberanian mereka mempertanyakan dogma lama dan keyakinan mereka terhadap kekuatan akal manusia, lahirlah pemahaman baru tentang alam semesta yang kemudian mendorong perkembangan fisika, astronomi, matematika,

filsafat, hingga teknologi modern.

## Bab V: Sains Modern

---

### 1. Max Planck

Sains modern tidak selalu lahir dari ledakan besar yang langsung tampak mengguncang dunia. Kadang ia muncul dari persoalan teknis yang terlihat kecil, dari angka yang tidak cocok, dari grafik laboratorium yang menolak tunduk pada teori lama. Di akhir abad ke-19, fisika klasik berdiri seperti bangunan megah yang nyaris sempurna. Hukum Newton menjelaskan gerak benda, teori Maxwell menjelaskan elektromagnetisme, dan termodinamika menjelaskan panas serta energi. Banyak ilmuwan merasa bahwa fisika hanya tinggal menyelesaikan beberapa rincian kecil. Salah satu rincian kecil itu justru membuka jalan menuju salah satu revolusi terbesar dalam sejarah sains.

Max Karl Ernst Ludwig Planck lahir di Kiel, Jerman, pada tahun 1858. Ia berasal dari keluarga terpelajar yang dekat dengan tradisi akademik, hukum, dan teologi. Sejak muda Planck dikenal sebagai pribadi disiplin, teliti, dan memiliki kecenderungan kuat pada keteraturan. Ia memiliki minat besar pada musik, tetapi akhirnya memilih fisika sebagai jalan intelektualnya. Pilihan itu bukan muncul dari keinginan untuk menjadi tokoh revolusioner. Planck justru dikenal sebagai ilmuwan yang hati-hati dan sangat menghargai kestabilan teori. Ia tertarik pada hukum alam yang berlaku umum, terutama persoalan energi, panas, dan radiasi.

Bidang yang paling kuat membentuk pemikiran Planck adalah termodinamika. Ia tertarik pada bagaimana energi berpindah, bagaimana panas bekerja, dan bagaimana hukum alam dapat dinyatakan dalam rumus yang rapi. Pada masanya, persoalan radiasi benda hitam menjadi tantangan besar. Benda hitam dalam fisika adalah objek ideal yang mampu menyerap dan memancarkan radiasi secara sempurna. Ketika benda dipanaskan, ia memancarkan cahaya dengan warna dan intensitas tertentu. Masalahnya, teori klasik gagal menjelaskan pola radiasi tersebut secara tepat.

Kegagalan ini dikenal sebagai bencana ultraviolet. Menurut perhitungan klasik, benda hitam seharusnya memancarkan energi tak terbatas pada frekuensi tinggi. Kenyataan eksperimen tidak seperti itu. Alam menolak prediksi matematika klasik. Planck mencari rumus yang dapat menyesuaikan teori dengan data laboratorium. Pada tahun 1900, ia mengajukan gagasan bahwa energi tidak dipancarkan secara kontinu, melainkan dalam paket-paket kecil yang diskret. Paket energi itu kemudian dikenal sebagai kuantum.

Rumus Planck menyatakan bahwa energi berbanding lurus dengan frekuensi radiasi melalui persamaan  $E = h\nu$ . Simbol  $h$  dikenal sebagai konstanta Planck. Angka kecil ini menjadi salah satu fondasi fisika modern. Dari sinilah dunia kuantum mulai terbuka. Energi tidak selalu mengalir mulus seperti air. Pada tingkat tertentu, energi hadir dalam satuan-satuan tertentu. Cara pandang ini bertentangan dengan bayangan fisika klasik yang menganggap perubahan energi berlangsung secara kontinu.

Planck sendiri awalnya tidak langsung menganggap kuantum sebagai kenyataan fisik yang sepenuhnya baru. Ia lebih melihatnya sebagai langkah matematis yang diperlukan

agar teori sesuai dengan hasil eksperimen. Ia tidak sedang mencari jalan untuk merobohkan fisika klasik. Ia hanya terlalu jujur pada data. Sikap itu justru membuatnya menemukan celah besar dalam bangunan lama. Dari celah itulah fisika abad ke-20 bergerak ke arah baru.

Gagasan Planck kemudian diperluas oleh Albert Einstein untuk menjelaskan efek fotolistrik. Jika Planck membuka kemungkinan bahwa energi dipancarkan dalam kuantum, Einstein memperlakukan cahaya sendiri sebagai paket energi yang nyata. Dari sini teori kuantum memperoleh makna yang lebih kuat. Planck menjadi titik awal bagi perkembangan model atom Bohr, mekanika matriks Heisenberg, mekanika gelombang Schrödinger, dan seluruh fisika kuantum modern.

Pengaruh Planck tidak berhenti pada fisika teoretis. Gagasan kuantum menjadi dasar bagi teknologi modern seperti laser, semikonduktor, transistor, komputer, panel surya, spektroskopi, dan fisika material. Dunia digital yang kini terlihat biasa dalam kehidupan sehari-hari sebenarnya berdiri di atas fondasi kuantum. Setiap perangkat elektronik modern membawa jejak pemikiran Planck, meskipun namanya jarang disebut di luar ruang akademik.

Warisan Planck terletak pada keberaniannya menerima kenyataan bahwa teori lama tidak selalu mampu menampung data baru. Ia tidak tampil sebagai pemberontak intelektual yang keras, tetapi sebagai ilmuwan yang mengikuti persoalan sampai ke batas terakhirnya. Dari radiasi benda hitam, ia membuka pintu menuju dunia mikroskopik yang jauh lebih asing daripada bayangan manusia. Sains modern melalui Planck belajar bahwa revolusi ilmiah kadang dimulai dari ketelitian yang sangat sunyi.

## **2. Albert Einstein**

Jika Planck membuka retakan pertama dalam fisika klasik, Albert Einstein memperlebar retakan itu sampai seluruh bangunan lama harus dibaca ulang. Ia mengubah pemahaman manusia tentang ruang, waktu, energi, massa, cahaya, dan gravitasi. Sebelum Einstein, ruang sering dibayangkan sebagai panggung tetap tempat benda-benda bergerak. Waktu dianggap mengalir sama bagi semua orang. Gravitasi dipahami sebagai gaya tarik antar benda. Einstein datang dengan pertanyaan-pertanyaan sederhana yang akibatnya sama sekali tidak sederhana.

Albert Einstein lahir di Ulm, Jerman, pada tahun 1879. Ia tumbuh dalam keluarga Yahudi sekuler kelas menengah. Ayahnya, Hermann Einstein, bekerja dalam bidang teknik listrik, sedangkan ibunya, Pauline Koch, memiliki minat besar pada musik. Sejak kecil Einstein tertarik pada kekuatan yang tidak tampak tetapi bekerja nyata. Salah satu pengalaman yang sering dikaitkan dengan masa kecilnya adalah ketika ia melihat kompas. Jarum kecil yang terus mengarah ke satu posisi membuatnya bertanya tentang gaya tak terlihat yang mengatur benda di alam.

Pendidikan formal Einstein tidak selalu berjalan mulus. Ia kurang cocok dengan sistem sekolah yang terlalu kaku dan terlalu menuntut kepatuhan. Ia lebih senang memahami prinsip daripada menghafal aturan. Ketertarikannya pada matematika dan fisika tumbuh melalui bacaan mandiri. Setelah meninggalkan Jerman, ia belajar di Swiss Federal Polytechnic di Zürich. Di sana ia mendalami fisika, matematika, dan filsafat ilmu. Meski memiliki kemampuan besar, jalan akademiknya tidak langsung

terbuka. Ia sempat bekerja di kantor paten di Bern, Swiss.

Kantor paten menjadi ruang penting dalam hidup Einstein. Di tempat itu ia memeriksa rancangan alat dan memikirkan persoalan teknis, tetapi pikirannya terus bergerak pada pertanyaan fisika yang lebih mendasar. Tahun 1905 menjadi titik ledak intelektualnya. Dalam satu tahun, Einstein menerbitkan beberapa makalah besar tentang efek fotolistrik, gerak Brown, relativitas khusus, dan hubungan massa dengan energi. Tahun ini sering disebut sebagai *annus mirabilis*, tahun ajaib dalam sejarah fisika.

Melalui efek fotolistrik, Einstein menjelaskan bahwa cahaya dapat dipahami sebagai paket energi yang disebut foton. Gagasan ini memperkuat teori kuantum yang dirintis Planck. Cahaya tidak hanya dapat bertindak sebagai gelombang, tetapi juga sebagai partikel energi. Penjelasan ini kelak menjadi salah satu alasan Einstein menerima Hadiah Nobel Fisika. Lewat gerak Brown, ia memberi dasar kuat bagi keberadaan atom dan molekul. Lewat relativitas khusus, ia mengguncang konsep ruang dan waktu.

Relativitas khusus berangkat dari dua prinsip besar. Hukum fisika berlaku sama bagi semua pengamat yang bergerak seragam, dan kecepatan cahaya di ruang hampa tetap sama bagi semua pengamat. Dari prinsip ini muncul akibat yang sangat radikal. Waktu tidak mutlak. Panjang benda dapat berubah tergantung gerakannya. Dua peristiwa yang tampak bersamaan bagi satu pengamat belum tentu bersamaan bagi pengamat lain. Fisika tidak lagi dapat memandang ruang dan waktu sebagai panggung terpisah yang tetap.

Dari relativitas khusus lahir persamaan  $E = mc^2$ . Persamaan ini menyatakan bahwa massa dan energi saling terkait. Massa dapat dipahami sebagai bentuk energi yang sangat padat. Rumus singkat ini membuka cara baru dalam memahami inti atom, energi nuklir, bintang, dan kosmologi. Matahari bersinar karena reaksi nuklir yang mengubah sebagian massa menjadi energi. Materi yang tampak diam ternyata menyimpan daya yang luar biasa besar.

Einstein kemudian menyusun relativitas umum pada tahun 1915. Dalam teori ini, gravitasi tidak lagi dipahami sebagai gaya tarik biasa. Gravitasi adalah kelengkungan ruang-waktu yang disebabkan oleh massa dan energi. Matahari melengkungkan ruang-waktu di sekitarnya, lalu planet bergerak mengikuti kelengkungan tersebut. Gagasan ini memindahkan gravitasi dari persoalan gaya menuju persoalan geometri kosmik. Alam semesta tidak lagi tampak seperti mesin kaku, tetapi seperti struktur dinamis yang dapat melengkung dan berkembang.

Relativitas umum memperoleh perhatian dunia setelah pengamatan gerhana matahari tahun 1919 mendukung prediksi pembelokan cahaya oleh gravitasi matahari. Cahaya dari bintang yang melewati dekat matahari tampak bergeser karena jalurnya dibelokkan oleh kelengkungan ruang-waktu. Sejak saat itu, Einstein menjadi tokoh ilmiah yang dikenal luas oleh publik. Ia tidak hanya menjadi ilmuwan besar, tetapi juga simbol kecerdasan abad modern.

Einstein memiliki hubungan yang rumit dengan mekanika kuantum. Ia membantu membangun teori kuantum melalui penjelasan efek fotolistrik, tetapi ia tidak nyaman dengan tafsir probabilistik dalam mekanika kuantum. Ia percaya bahwa alam memiliki

keteraturan yang lebih dalam daripada sekadar peluang. Perdebatannya dengan Niels Bohr menjadi salah satu perdebatan paling terkenal dalam sejarah sains. Einstein terus mencari teori yang lebih lengkap, sedangkan Bohr menerima bahwa dunia atom tidak dapat dipaksa mengikuti intuisi klasik.

Kehidupan Einstein juga bersentuhan dengan krisis politik abad ke-20. Ketika Nazi berkuasa di Jerman, Einstein meninggalkan Eropa dan menetap di Amerika Serikat. Ia pernah menandatangani surat kepada Presiden Franklin D. Roosevelt yang memperingatkan kemungkinan Jerman mengembangkan senjata nuklir. Surat itu ikut mendorong lahirnya Proyek Manhattan, meski Einstein tidak terlibat langsung dalam pembuatan bom atom. Setelah perang, ia menjadi salah satu suara penting yang menyerukan perdamaian, kontrol senjata nuklir, dan tanggung jawab moral ilmuwan.

Warisan Einstein sangat luas. Relativitas menjadi dasar kosmologi modern, astrofisika, studi lubang hitam, gelombang gravitasi, dan sistem GPS. Efek fotolistrik menjadi dasar teknologi sensor cahaya, panel surya, kamera digital, dan perangkat elektronik berbasis foton. Lebih jauh lagi, Einstein mengajarkan bahwa sains tidak hanya tumbuh dari data, tetapi juga dari keberanian meninjau ulang konsep paling dasar yang sering dianggap sudah selesai.

### **3. Niels Bohr**

Sesudah Planck dan Einstein membuka pintu kuantum, Niels Bohr membawa gagasan itu masuk ke struktur atom. Pada awal abad ke-20, fisika berada dalam keadaan ganjil. Teori klasik mampu menjelaskan benda besar, gelombang, panas, listrik, dan magnet dengan sangat baik. Di tingkat atom, teori yang sama mulai kehilangan kekuatan. Elektron, spektrum cahaya, dan struktur materi memperlihatkan perilaku yang tidak dapat dijelaskan oleh mekanika lama. Dari ketegangan ini Bohr menyusun salah satu model paling penting dalam sejarah fisika.

Niels Henrik David Bohr lahir di Kopenhagen, Denmark, pada tahun 1885. Ia berasal dari keluarga akademik. Ayahnya, Christian Bohr, adalah profesor fisiologi, sedangkan ibunya, Ellen Adler Bohr, berasal dari keluarga Yahudi Denmark yang berpengaruh. Rumah keluarga Bohr menjadi ruang percakapan intelektual yang hidup. Sejak muda ia terbiasa dengan diskusi ilmiah, filsafat, dan persoalan sosial. Kebiasaan berdialog ini kelak menjadi ciri kuat Bohr sebagai ilmuwan. Ia tidak hanya menyusun teori, tetapi juga membangun komunitas pemikiran.

Bohr belajar fisika di University of Copenhagen. Setelah meraih gelar doktor, ia pergi ke Inggris dan sempat bekerja dengan J. J. Thomson di Cambridge. Ia kemudian bekerja bersama Ernest Rutherford di Manchester. Pertemuan dengan Rutherford sangat menentukan. Rutherford telah mengembangkan model atom dengan inti kecil bermuatan positif yang dikelilingi elektron. Model ini sesuai dengan beberapa data eksperimen, tetapi menyimpan masalah besar. Menurut fisika klasik, elektron yang bergerak mengelilingi inti seharusnya terus memancarkan energi, kehilangan tenaga, lalu jatuh ke inti. Jika teori klasik benar, atom tidak akan stabil. Kenyataannya, atom stabil.

Bohr melihat bahwa masalah ini tidak dapat diselesaikan dengan menambal teori lama. Pada tahun 1913, ia mengajukan model atom yang memadukan model inti

Rutherford dengan gagasan kuantum Planck. Menurut Bohr, elektron hanya dapat berada pada tingkat energi tertentu. Selama berada pada tingkat energi stabil, elektron tidak memancarkan energi. Energi baru dipancarkan atau diserap ketika elektron berpindah dari satu tingkat energi ke tingkat lain.

Model Bohr berhasil menjelaskan spektrum garis atom hidrogen. Ketika atom hidrogen diberi energi, ia memancarkan cahaya pada frekuensi tertentu. Pola ini sulit dijelaskan oleh fisika klasik. Bohr menjelaskan bahwa setiap garis spektrum berasal dari perpindahan elektron antar tingkat energi. Dunia atom ternyata tidak bergerak secara kontinu, melainkan melalui tingkat-tingkat energi diskret. Atom bukan miniatur tata surya dalam arti sederhana. Di dalamnya bekerja aturan yang berbeda dari benda-benda besar.

Model Bohr kemudian digantikan oleh mekanika kuantum yang lebih matang, tetapi posisinya tetap sangat penting. Ia menjadi jembatan antara atom klasik Rutherford dan fisika kuantum modern. Bohr membuka jalan bagi gagasan bahwa perilaku atom harus dijelaskan dengan prinsip baru. Elektron tidak dapat dipahami seperti planet kecil yang mengelilingi matahari. Gambaran orbit hanya langkah awal sebelum teori yang lebih abstrak lahir melalui Heisenberg, Schrödinger, dan Dirac.

Bohr juga mengembangkan prinsip komplementaritas. Dalam dunia kuantum, cahaya dan partikel subatomik dapat memperlihatkan sifat gelombang maupun partikel, bergantung pada cara eksperimen dilakukan. Dua gambaran itu tampak bertentangan dalam bahasa klasik, tetapi keduanya diperlukan untuk memahami fenomena kuantum. Bohr menolak memaksa alam tunduk pada satu gambaran tunggal yang nyaman bagi intuisi manusia. Fisika harus menerima bahwa kenyataan mikroskopik memerlukan bahasa yang lebih hati-hati.

Perdebatan Bohr dengan Einstein menjadi salah satu drama intelektual terbesar dalam sejarah sains. Einstein merasa mekanika kuantum belum lengkap karena terlalu bergantung pada probabilitas. Bohr membela pandangan bahwa ketidakpastian bukan sekadar kelemahan alat ukur atau keterbatasan manusia, melainkan bagian dari cara fenomena kuantum tampil. Mereka tidak sekadar berbeda pendapat tentang rumus, tetapi berbeda dalam memahami realitas. Einstein mengejar keteraturan yang lebih dalam. Bohr menerima bahwa dunia atom tidak harus mengikuti bentuk kepastian klasik.

Bohr juga membangun pusat fisika teoretis di Kopenhagen. Institut ini menjadi tempat berkumpulnya banyak ilmuwan muda yang kelak membentuk mekanika kuantum. Heisenberg, Pauli, Dirac, dan banyak tokoh lain berada dalam lingkaran diskusi Bohr. Kopenhagen menjadi pusat percakapan ilmiah internasional. Dari ruang diskusi itu, fisika kuantum berkembang bukan hanya sebagai teori, tetapi sebagai budaya berpikir baru.

Pada masa Perang Dunia II, Bohr ikut terseret dalam persoalan politik dan nuklir. Ketika Denmark diduduki Nazi, ia melarikan diri ke Swedia, lalu ke Inggris dan Amerika Serikat. Ia terlibat dalam percakapan ilmiah terkait riset nuklir, kemudian mendorong keterbukaan internasional dalam pengendalian energi atom. Bohr memahami bahwa pengetahuan tentang atom membawa potensi besar sekaligus

bahaya besar. Sains modern di tangannya tidak lepas dari tanggung jawab moral.

Warisan Bohr terlihat dalam hampir semua teknologi yang bergantung pada pemahaman atom. Kimia modern, spektroskopi, laser, semikonduktor, energi nuklir, fisika material, dan teknologi digital memiliki hubungan dengan perubahan cara pandang yang ia bangun. Bohr membuat manusia sadar bahwa dunia kecil di dalam materi tidak berjalan seperti dunia sehari-hari. Di tingkat atom, alam menuntut cara berpikir yang lebih lentur dan lebih berani.

#### **4. Werner Heisenberg**

Jika Bohr membawa teori kuantum ke dalam struktur atom, Werner Heisenberg mendorong fisika kuantum ke wilayah yang lebih radikal. Ia mengubah bukan hanya teori tentang partikel, tetapi juga pengertian tentang apa yang dapat diketahui manusia dari alam. Pada tingkat atom, Heisenberg melihat bahwa fisika tidak bisa terus bergantung pada gambaran klasik tentang lintasan, posisi, dan gerak benda kecil. Alam mikroskopik menuntut bahasa baru.

Werner Karl Heisenberg lahir di Würzburg, Jerman, pada tahun 1901. Ia berasal dari keluarga akademik. Ayahnya adalah profesor studi Yunani, sehingga Heisenberg tumbuh dalam lingkungan yang dekat dengan disiplin intelektual, bahasa, dan tradisi klasik. Minatnya pada matematika dan fisika berkembang ketika ia belajar di Munich di bawah bimbingan Arnold Sommerfeld. Sommerfeld adalah salah satu guru besar fisika yang melahirkan banyak tokoh penting dalam mekanika kuantum. Heisenberg kemudian berhubungan erat dengan Niels Bohr, Max Born, Wolfgang Pauli, dan Pascual Jordan.

Pada awal abad ke-20, model Bohr berhasil menjelaskan beberapa hal, tetapi belum cukup untuk membangun teori atom yang lengkap. Elektron masih sering dibayangkan berada dalam orbit tertentu, padahal orbit itu tidak dapat diamati secara langsung. Fisika klasik terbiasa menjelaskan benda melalui posisi, kecepatan, dan lintasan. Di tingkat atom, konsep-konsep itu mulai kehilangan makna biasa. Heisenberg mengambil langkah berani dengan menyingkirkan unsur yang tidak dapat diamati langsung dari fondasi teori.

Pada tahun 1925, Heisenberg merumuskan mekanika matriks. Teori ini tidak menggambarkan elektron sebagai benda kecil yang bergerak pada lintasan visual tertentu. Ia menyusun besaran fisik melalui hubungan matematis yang berkaitan dengan hasil pengukuran, seperti frekuensi dan intensitas spektrum. Max Born kemudian mengenali bahwa struktur matematika yang dipakai Heisenberg adalah matriks. Bersama Born dan Jordan, mekanika matriks berkembang menjadi bentuk awal mekanika kuantum yang matang.

Langkah Heisenberg terasa ganjil bagi tradisi lama. Sejak Galileo dan Newton, fisika terbiasa memberi gambaran tentang benda yang bergerak dalam ruang. Heisenberg tidak lagi mengejar gambar semacam itu untuk dunia atom. Ia menerima bahwa fisika mikroskopik mungkin tidak dapat divisualkan dengan cara klasik. Yang dapat dipegang adalah hubungan matematis yang menghasilkan prediksi tepat. Fisika tidak harus selalu memberi lukisan yang nyaman; fisika harus memberi struktur yang bekerja.

Gagasan paling terkenal dari Heisenberg adalah prinsip ketidakpastian yang dirumuskan pada tahun 1927. Prinsip ini menyatakan bahwa posisi dan momentum partikel tidak dapat diketahui secara bersamaan dengan ketelitian tak terbatas. Makin tepat posisi diketahui, makin tidak pasti momentumnya. Makin tepat momentum diketahui, makin tidak pasti posisinya. Ketidakpastian ini bukan sekadar akibat alat ukur yang belum sempurna. Ia berasal dari struktur dasar mekanika kuantum.

Prinsip ketidakpastian mengguncang bayangan lama tentang alam. Dalam fisika klasik, partikel dianggap selalu memiliki posisi dan kecepatan tertentu, meski manusia belum mengetahuinya. Dalam mekanika kuantum, anggapan itu tidak dapat dipertahankan secara sederhana. Dunia atom tidak menyimpan semua sifat klasik secara lengkap sebelum pengukuran dilakukan. Teori memberikan peluang, batas, dan hubungan matematis, bukan kepastian mutlak seperti dalam mekanika Newtonian.

Heisenberg juga ikut membentuk interpretasi Kopenhagen bersama Bohr. Keduanya memahami bahwa bahasa klasik tetap dibutuhkan untuk menjelaskan hasil eksperimen, tetapi konsep klasik tidak dapat dipakai sembarangan untuk menggambarkan realitas atom. Elektron bukan bola kecil biasa. Foton bukan partikel klasik biasa. Objek kuantum memiliki perilaku yang hanya dapat dipahami melalui kerangka kuantum. Di sini sains modern bergerak dari kepastian mekanis menuju keteraturan probabilistik.

Pemikiran Heisenberg menyentuh persoalan filosofis tentang pengetahuan dan batas akal manusia. Sejak Newton, ada bayangan bahwa jika posisi dan kecepatan semua partikel diketahui, masa depan alam semesta dapat dihitung secara lengkap. Prinsip ketidakpastian menggoyang impian deterministik itu. Alam tetap memiliki hukum, tetapi hukum itu tidak selalu berbentuk kepastian mekanis. Ada batas pengetahuan yang bukan berasal dari kemalasan manusia, melainkan dari susunan realitas itu sendiri.

Kehidupan Heisenberg juga berada dalam bayang-bayang politik Jerman abad ke-20. Pada masa Nazi, ia tetap berada di Jerman dan terlibat dalam riset nuklir Jerman. Posisi ini membuat reputasinya terus diperdebatkan setelah perang. Ada yang melihatnya sebagai ilmuwan yang hidup dalam tekanan sejarah, ada pula yang menilai pilihannya bermasalah secara moral. Sosok Heisenberg kemudian tidak hanya dibaca sebagai fisikawan besar, tetapi juga sebagai contoh rumit hubungan antara sains, negara, perang, dan tanggung jawab ilmuwan.

Pengaruh Heisenberg sangat luas dalam fisika modern. Mekanika matriks menjadi salah satu fondasi mekanika kuantum. Prinsip ketidakpastian memengaruhi fisika atom, fisika partikel, kimia kuantum, teori medan kuantum, dan filsafat ilmu. Teknologi modern seperti semikonduktor, laser, mikroskop elektron, dan perangkat komputasi kuantum berdiri dalam garis perkembangan yang ikut dibentuk oleh mekanika kuantum.

Warisan Heisenberg terletak pada keberaniannya menerima bahwa alam tidak selalu dapat dibayangkan melalui gambar lama. Ketika dunia atom menolak visualisasi klasik, ia menyusun bahasa matematika baru. Ketika kepastian penuh runtuh, ia tidak menganggap sains gagal. Ia memperlihatkan bahwa ketidakpastian pun dapat memiliki struktur, hukum, dan daya prediksi. Sains modern melalui Heisenberg belajar bahwa

batas pengetahuan bukan akhir dari ilmu, melainkan bagian dari cara ilmu memahami kenyataan.

## 5. Charles Darwin

Sains modern tidak hanya mengguncang ruang, waktu, dan atom. Ia juga mengubah cara manusia memahami kehidupan. Sebelum abad ke-19, banyak orang memandang spesies sebagai bentuk tetap yang tidak berubah sejak awal. Alam dibayangkan seperti museum besar berisi makhluk hidup dengan bentuk yang sudah selesai. Charles Darwin merusak ketenangan pandangan itu. Ia memperlihatkan bahwa kehidupan adalah sejarah panjang perubahan, variasi, adaptasi, persaingan, dan pewarisan.

Charles Robert Darwin lahir di Shrewsbury, Inggris, pada tahun 1809. Ia berasal dari keluarga terpelajar dan cukup mapan. Ayahnya, Robert Darwin, adalah dokter sukses. Kakeknya, Erasmus Darwin, dikenal sebagai pemikir yang tertarik pada gagasan perubahan makhluk hidup. Darwin sempat belajar kedokteran di Edinburgh, tetapi tidak cocok dengan praktik medis pada masa itu. Ia kemudian belajar di Cambridge dengan rencana awal menjadi rohaniwan Anglikan.

Di Cambridge, minat Darwin terhadap alam berkembang kuat. Ia dekat dengan John Stevens Henslow, seorang ahli botani yang membimbingnya dalam pengamatan tumbuhan dan praktik naturalis. Ia juga membaca karya Charles Lyell tentang geologi. Lyell menjelaskan bahwa bentuk bumi terbentuk melalui proses lambat dalam rentang waktu yang sangat panjang. Gagasan tentang waktu geologis yang dalam menjadi bekal penting bagi Darwin. Perubahan spesies membutuhkan waktu yang tidak pendek. Tanpa bayangan tentang usia bumi yang sangat tua, evolusi sulit dipahami secara ilmiah.

Peristiwa paling menentukan dalam hidup Darwin adalah pelayaran dengan kapal HMS Beagle dari tahun 1831 sampai 1836. Kapal ini melakukan ekspedisi survei ke berbagai wilayah, termasuk Amerika Selatan, Kepulauan Galápagos, Australia, dan daerah lain. Darwin ikut sebagai naturalis muda. Selama perjalanan, ia mengumpulkan fosil, tumbuhan, hewan, batuan, dan catatan tentang lingkungan. Pengalaman langsung dengan keragaman alam membuat pikirannya bergerak jauh dari pandangan lama tentang spesies yang tetap.

Di Amerika Selatan, Darwin menemukan fosil hewan besar yang mirip dengan hewan modern di wilayah yang sama. Temuan ini menimbulkan pertanyaan tentang hubungan antara makhluk hidup masa lampau dan masa kini. Di Kepulauan Galápagos, ia melihat variasi organisme dari pulau ke pulau. Burung finch, kura-kura, dan berbagai hewan lain memiliki ciri berbeda sesuai lingkungan masing-masing. Variasi itu menjadi bahan penting bagi pemikirannya tentang hubungan antara lingkungan dan perubahan makhluk hidup.

Setelah kembali ke Inggris, Darwin tidak langsung menerbitkan teorinya. Ia bekerja bertahun-tahun mengumpulkan bukti. Ia mempelajari fosil, persebaran spesies, pembiakan merpati, anatomi perbandingan, tumbuhan, dan hewan. Ia juga membaca karya Thomas Malthus tentang populasi. Malthus menjelaskan bahwa populasi dapat tumbuh lebih cepat daripada persediaan makanan, sehingga terjadi persaingan untuk bertahan hidup. Dari sini Darwin memperoleh kunci besar bagi teorinya. Jika makhluk

hidup menghasilkan keturunan lebih banyak daripada yang dapat bertahan, dan jika keturunan itu memiliki variasi, sebagian variasi akan memberi keuntungan dalam hidup dan reproduksi.

Pada tahun 1859, Darwin menerbitkan *On the Origin of Species*. Buku ini menjadi salah satu karya paling berpengaruh dalam sejarah ilmu. Gagasan utamanya adalah evolusi melalui seleksi alam. Dalam setiap populasi terdapat variasi. Sebagian variasi memberi keuntungan dalam lingkungan tertentu. Individu yang lebih mampu bertahan hidup dan bereproduksi cenderung mewariskan sifatnya kepada generasi berikutnya. Dalam waktu panjang, proses ini dapat menghasilkan perubahan besar dan bahkan pembentukan spesies baru.

Seleksi alam tidak bekerja seperti perancang sadar. Ia tidak memiliki tujuan moral atau rencana akhir. Ia bekerja melalui perbedaan keberhasilan hidup dan reproduksi. Sifat yang berguna di satu lingkungan belum tentu berguna di lingkungan lain. Bentuk paruh burung, warna tubuh serangga, daya tahan bakteri, leher jerapah, dan pola perilaku hewan dapat dipahami melalui hubungan antara variasi, lingkungan, dan keberhasilan reproduksi. Alam bukan panggung diam, melainkan arena perubahan yang terus bergerak.

Salah satu gagasan besar Darwin adalah nenek moyang bersama. Makhluk hidup yang tampak berbeda dapat berasal dari garis keturunan yang sama di masa lampau. Kehidupan menyerupai pohon bercabang, bukan tangga lurus dari rendah ke tinggi. Cabang-cabang kehidupan tumbuh, berubah, bercabang lagi, atau punah. Manusia tidak berdiri di luar pohon kehidupan. Manusia berada di dalam sejarah biologis yang sama dengan makhluk hidup lain.

Gagasan Darwin memicu perdebatan besar karena menyentuh ilmu, teologi, filsafat, dan pandangan manusia tentang dirinya. Jika manusia memiliki sejarah biologis yang terhubung dengan makhluk lain, maka posisi manusia di alam harus dibaca ulang. Dalam *The Descent of Man*, Darwin membahas asal-usul manusia dan seleksi seksual. Ia menjelaskan bahwa beberapa sifat berkembang bukan hanya karena membantu bertahan hidup, tetapi juga karena memberi keuntungan dalam menarik pasangan.

Pada masa Darwin, mekanisme pewarisan sifat belum dipahami dengan jelas. Ia belum mengenal gen dalam pengertian modern. Di sinilah teori Darwin kelak bertemu dengan genetika Mendel. Setelah karya Mendel ditemukan kembali pada awal abad ke-20, teori evolusi memperoleh dasar pewarisan yang lebih kuat. Pertemuan antara Darwin dan Mendel melahirkan sintesis modern dalam biologi, yang menggabungkan seleksi alam, genetika populasi, mutasi, rekombinasi, dan perubahan frekuensi gen.

Pengaruh Darwin sangat luas. Evolusi menjadi fondasi bagi biologi modern. Tanpa evolusi, hubungan antara fosil, anatomi, embriologi, genetika, ekologi, dan biogeografi sulit disatukan. Evolusi membantu menjelaskan resistensi antibiotik, perubahan virus, adaptasi organisme, kepunahan, dan persebaran spesies. Di bidang kedokteran, pemahaman evolusi membantu membaca penyakit dan perubahan patogen. Di bidang lingkungan, evolusi membantu memahami konservasi dan kerentanan ekosistem.

Warisan Darwin terletak pada perubahan cara membaca kehidupan. Makhluk hidup tidak lagi dipahami sebagai bentuk yang selesai, tetapi sebagai hasil sejarah panjang

yang masih bergerak. Setiap organisme membawa jejak masa lampau dalam tubuhnya. Sains modern melalui Darwin belajar bahwa kehidupan adalah arsip alam yang ditulis oleh variasi, waktu, seleksi, dan pewarisan.

## 6. Gregor Mendel

Ketika Darwin menjelaskan perubahan kehidupan melalui seleksi alam, masih ada persoalan besar yang belum terjawab kuat. Bagaimana sifat diwariskan dari generasi ke generasi? Mengapa anak mirip dengan orang tuanya, tetapi tidak sepenuhnya sama? Mengapa sifat tertentu bisa tidak tampak pada satu generasi, lalu muncul kembali pada generasi berikutnya? Jawaban besar atas pertanyaan itu datang dari tempat yang jauh dari panggung debat ilmiah besar Eropa, yaitu kebun biara di Brno.

Gregor Johann Mendel lahir pada tahun 1822 di Heinzendorf, wilayah Kekaisaran Austria yang kini termasuk Republik Ceko. Ia berasal dari keluarga petani sederhana. Kehidupan desa membuatnya akrab dengan tanaman, musim, tanah, dan pola pertumbuhan. Pengalaman pertanian memberi kedekatan awal dengan persoalan pewarisan sifat, meski belum dalam bahasa genetika modern. Mendel kemudian masuk Biara St. Thomas di Brno. Biara tersebut bukan hanya tempat kehidupan religius, tetapi juga ruang pendidikan dan kegiatan ilmiah.

Mendel memiliki pendidikan yang kuat dalam matematika dan ilmu alam. Ia pernah belajar di University of Vienna, tempat ia mengenal fisika, botani, dan metode eksperimental. Latar matematika membuat cara berpikirnya berbeda dari banyak pengamat tanaman pada zamannya. Banyak orang sudah tahu bahwa sifat dapat diwariskan. Mendel melangkah lebih jauh dengan menghitung pola pewarisan secara sistematis. Ia tidak hanya berkata bahwa anak tanaman mirip induknya. Ia mencari rasio, pola, dan hukum di balik kemiripan itu.

Objek eksperimen Mendel adalah tanaman ercis atau Pisum sativum. Tanaman ini dipilih karena mudah ditanam, cepat menghasilkan keturunan, memiliki sifat yang jelas, dan dapat disilangkan secara terkontrol. Mendel mengamati sifat seperti warna bunga, bentuk biji, warna biji, bentuk polong, warna polong, posisi bunga, dan tinggi batang. Ia memastikan garis keturunan murni sebelum melakukan persilangan. Ketelitian ini membuat hasil eksperimennya kuat.

Dalam salah satu percobaan terkenal, Mendel menyilangkan tanaman dengan biji bulat dan biji keriput. Pada generasi pertama, seluruh keturunan memperlihatkan satu sifat yang dominan. Ketika generasi pertama disilangkan kembali, sifat yang sempat tidak tampak muncul lagi pada generasi kedua dengan perbandingan tertentu. Dari pola semacam ini, Mendel menyimpulkan bahwa pewarisan sifat tidak terjadi melalui pencampuran sederhana. Sifat tidak melebur seperti cat yang dicampur. Ada faktor pewarisan yang tetap utuh dan dapat muncul kembali.

Faktor pewarisan yang dimaksud Mendel kelak dikenal sebagai gen. Pada masa Mendel, istilah gen belum tersedia. Ia berbicara tentang faktor yang diwariskan. Setiap individu memiliki pasangan faktor untuk sifat tertentu, satu berasal dari induk jantan dan satu dari induk betina. Ketika sel reproduksi terbentuk, pasangan faktor itu berpisah. Saat pembuahan, faktor dari dua induk bergabung kembali. Dari pola ini lahir prinsip segregasi.

Mendel juga merumuskan prinsip assortasi bebas. Ia menemukan bahwa pewarisan satu sifat dapat berlangsung secara independen dari sifat lain, selama faktor-faktor tersebut tidak saling terpaut dalam mekanisme tertentu. Misalnya, bentuk biji dan warna biji dapat diwariskan melalui pola yang dapat dihitung secara terpisah. Dalam genetika modern, prinsip ini kemudian dipahami melalui perilaku kromosom saat meiosis. Gen pada kromosom berbeda cenderung diwariskan secara independen, sedangkan gen yang berdekatan pada kromosom yang sama dapat mengalami keterpautan.

Konsep dominan dan resesif menjadi warisan besar Mendel. Sifat dominan tampak pada keturunan meski hanya satu faktor dominan hadir. Sifat resesif baru tampak ketika dua faktor resesif hadir bersama. Konsep ini menjelaskan mengapa sifat tertentu dapat tersembunyi dalam satu generasi lalu muncul kembali pada generasi lain. Dalam genetika manusia, pola semacam ini membantu memahami beberapa penyakit keturunan, meski pewarisan sifat manusia jauh lebih kompleks daripada pola sederhana tanaman ercis.

Mendel mempresentasikan hasil penelitiannya pada tahun 1865 dan menerbitkannya pada tahun 1866. Karyanya hampir tidak mendapat perhatian besar selama hidupnya. Bahasa matematisnya tidak mudah diterima oleh banyak ahli botani saat itu. Dunia biologi juga belum siap membaca nilai besar dari data yang ia susun. Mendel kemudian lebih banyak disibukkan oleh tugas administratif sebagai kepala biara. Penelitiannya baru diangkat kembali sekitar tahun 1900 oleh beberapa ilmuwan seperti Hugo de Vries, Carl Correns, dan Erich von Tschermak.

Setelah ditemukan kembali, karya Mendel menjadi fondasi genetika modern. Ketika kromosom dipahami sebagai pembawa materi pewarisan, prinsip Mendel memperoleh dasar seluler. Ketika struktur DNA ditemukan pada abad ke-20, prinsip Mendel memperoleh dasar molekuler yang lebih dalam. Faktor pewarisan yang dulu ia simpulkan dari pola tanaman ercis ternyata memiliki basis material dalam gen, kromosom, dan DNA.

Pengaruh Mendel sangat luas dalam ilmu modern. Dalam pertanian, genetika Mendelian membantu pemuliaan tanaman dan hewan. Dalam kedokteran, genetika membantu membaca penyakit keturunan, risiko keluarga, dan pola pewarisan sifat. Dalam bioteknologi, genetika menjadi dasar rekayasa gen, terapi gen, pemetaan genom, dan riset molekuler. Dalam teori evolusi, genetika Mendel memberi mekanisme pewarisan yang dibutuhkan Darwin.

Warisan Mendel memperlihatkan bahwa hukum besar alam dapat ditemukan dari kerja yang sabar dan tampak sederhana. Ia tidak berlayar keliling dunia seperti Darwin, tidak membayangkan ruang-waktu seperti Einstein, dan tidak berdebat tentang atom seperti Bohr. Ia menanam, menyilangkan, menghitung, dan mencatat. Dari biji ercis di kebun biara, ia membuka jalan menuju pemahaman modern tentang gen, DNA, dan pewarisan kehidupan.

## Penutup

---

Sains modern berkembang dari keberanian intelektual yang saling menyambung. Planck membuka jalan menuju fisika kuantum lewat gagasan bahwa energi hadir dalam paket-paket diskret. Einstein mengubah pemahaman tentang ruang, waktu, massa, energi, cahaya, dan gravitasi. Bohr membawa teori kuantum ke dalam struktur atom dan memperlihatkan bahwa elektron bekerja melalui tingkat energi tertentu. Heisenberg menyusun mekanika kuantum yang lebih radikal melalui mekanika matriks dan prinsip ketidakpastian. Darwin membaca kehidupan sebagai sejarah panjang evolusi melalui seleksi alam. Mendel menemukan pola pewarisan sifat yang kelak menjadi fondasi genetika modern.

Keenam tokoh tersebut bergerak di wilayah berbeda, tetapi seluruhnya memperpanjang semangat yang sudah muncul sejak Revolusi Ilmiah. Copernicus menggeser bumi dari pusat kosmos dan membuka keberanian untuk menentang gambaran lama tentang alam semesta. Kepler menemukan keteraturan matematis dalam gerak planet. Galileo memperkuat hubungan antara observasi, eksperimen, dan bahasa matematika. Francis Bacon menekankan pengalaman sebagai dasar pembentukan pengetahuan. Descartes menaruh perhatian pada metode, keraguan, dan kepastian rasional. Newton menyatukan gerak benda di bumi dan langit melalui hukum gerak serta gravitasi universal.

Planck, Einstein, Bohr, dan Heisenberg melanjutkan warisan Galileo dan Newton, lalu membawanya ke wilayah yang lebih dalam. Galileo memperlihatkan bahwa alam harus diuji melalui pengamatan dan eksperimen. Newton menyusun alam sebagai sistem hukum matematis yang rapi. Fisika modern menerima kekuatan matematika dan eksperimen dari tradisi itu, tetapi tidak lagi mempertahankan seluruh gambaran klasiknya. Energi tidak selalu kontinu setelah Planck. Ruang dan waktu tidak lagi mutlak setelah Einstein. Atom tidak lagi dapat dipahami sebagai miniatur tata surya setelah Bohr. Kepastian penuh atas posisi dan momentum runtuh setelah Heisenberg. Mereka tidak memutus warisan Revolusi Ilmiah, melainkan memperluasnya sampai ke wilayah atom, cahaya, energi, dan struktur terdalam materi.

Darwin dan Mendel juga memiliki hubungan kuat dengan semangat Revolusi Ilmiah. Bacon menekankan pentingnya pengalaman dan pengamatan terhadap alam, sedangkan Darwin menjalankan semangat itu melalui studi fosil, spesies, persebaran organisme, dan variasi makhluk hidup. Newton memberi contoh bahwa fenomena yang beragam dapat disatukan oleh satu kerangka hukum, lalu Darwin melakukan hal serupa dalam ilmu kehidupan dengan menyatukan fosil, anatomi, biogeografi, dan adaptasi melalui evolusi. Mendel membawa biologi ke arah yang makin kuantitatif melalui eksperimen tanaman ercis dan perhitungan rasio pewarisan. Di tangannya, kehidupan mulai dibaca melalui pola angka, bukan hanya deskripsi bentuk.

Relevansi keenam tokoh ini bagi sains modern terletak pada perubahan cara manusia memahami kenyataan. Alam tidak lagi cukup dijelaskan melalui intuisi sehari-hari. Cahaya dapat tampil sebagai gelombang sekaligus partikel. Energi hadir dalam kuantum. Ruang-waktu dapat melengkung. Atom bekerja melalui probabilitas. Kehidupan berubah melalui seleksi alam. Sifat biologis diwariskan melalui gen. Dari

kosmos sampai atom, dari cahaya sampai DNA, sains modern memperlihatkan bahwa realitas jauh lebih luas, lebih tua, lebih kecil, lebih lentur, dan lebih rumit daripada bayangan klasik.

Sains modern bukan penolakan terhadap Revolusi Ilmiah, melainkan babak lanjutan dari keberanian yang sama. Para tokoh Revolusi Ilmiah membangun dasar bahwa alam dapat dipahami melalui observasi, rasio, eksperimen, dan matematika. Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Darwin, dan Mendel membawa dasar itu ke tingkat baru. Mereka membuat ilmu tidak berhenti pada apa yang tampak oleh mata, tetapi bergerak menuju struktur terdalam dari materi, energi, kehidupan, dan pewarisan. Di titik itu, sains modern menjadi lebih dari sekadar kumpulan teori. Ia menjadi cara manusia terus menguji batas pengetahuannya sendiri.

## Kesimpulan

---

Dari Miletus, sejarah sains bermula sebagai keberanian kecil yang dampaknya panjang. Thales, Anaximander, dan Anaximenes tidak hanya memberi jawaban tentang asal-usul alam, mereka mengubah cara manusia mendekati realitas. Alam mulai dilihat sebagai sesuatu yang bisa ditanya, diamati, dan dicari sebabnya melalui akal. Cara berpikir ini kemudian bergerak melewati banyak zaman, dari filsafat Yunani klasik, pemikiran Helenistik, tradisi ilmiah Islam, skolastik Abad Pertengahan, Renaissance, sampai Revolusi Ilmiah. Di setiap masa, gagasan lama tidak sekadar diwariskan, tetapi dibaca ulang, dikritik, diperbaiki, dan kadang digeser oleh penemuan baru. Plato dan Aristoteles menyusun kerangka filsafat yang lebih sistematis, para pemikir Islam menjaga sekaligus memperluas warisan Yunani, kaum skolastik mengolah hubungan antara rasio, iman, dan alam, sementara Copernicus, Galileo, Kepler, Newton, dan ilmuwan sesudahnya membawa pencarian itu ke wilayah observasi, eksperimen, dan matematika yang semakin matang. Dari rangkaian panjang ini, filsafat dan sains tampak lahir dari dorongan yang sama, yakni keinginan manusia untuk memahami dunia dengan cara yang lebih jernih. Membaca sejarah dari Miletus menuju sains modern akhirnya bukan hanya soal mengenal nama tokoh dan teori besar, melainkan melihat bagaimana pengetahuan dibangun melalui pertanyaan yang terus hidup dari satu generasi ke generasi berikutnya. Sains modern berdiri di atas tradisi panjang itu, tradisi yang bermula dari keberanian kuno untuk tidak cepat puas pada penjelasan yang diwariskan.

## Daftar Pustaka

---

- Adamson, P. (2016). *Philosophy in the Islamic world: A history of philosophy without any gaps*. Oxford University Press.
- Aquinas, T. (1968). *On being and essence* (A. Maurer, Trans.; 2nd rev. ed.). Pontifical Institute of Mediaeval Studies.
- Aquinas, T. (1975). *Summa contra gentiles* (A. C. Pegis, Trans.). University of Notre Dame Press.
- Aquinas, T. (1981). *Summa theologica* (Fathers of the English Dominican Province, Trans.). Christian Classics.
- Aquinas, T. (2002). *Political writings* (R. W. Dyson, Ed. & Trans.). Cambridge University Press.
- Aristotle. (1984). *The complete works of Aristotle: The revised Oxford translation* (J. Barnes, Ed.). Princeton University Press.
- Bacon, F. (2000). *The new organon* (L. Jardine & M. Silverthorne, Eds. & Trans.). Cambridge University Press.
- Barnes, J. (1982). *The presocratic philosophers*. Routledge.
- Barnes, J. (1987). *Early Greek philosophy*. Penguin Books.
- Bertolacci, A. (2006). *The reception of Aristotle's Metaphysics in Avicenna's Kitab al-Shifa': A milestone of Western metaphysical thought*. Brill.
- Bohr, N. (1913). *On the constitution of atoms and molecules*. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 26(151), 1-25.
- Browne, J. (1995). *Charles Darwin: Voyaging*. Princeton University Press.
- Browne, J. (2002). *Charles Darwin: The power of place*. Princeton University Press.
- Burnet, J. (1930). *Early Greek philosophy* (4th ed.). Adam & Charles Black.
- Burnett, C. (2001). *The coherence of the Arabic-Latin translation program in Toledo in the twelfth century*. *Science in Context*, 14(1-2), 249-288.
- Burckhardt, J. (1990). *The civilization of the Renaissance in Italy*. Penguin Books.
- Burke, P. (1998). *The Italian Renaissance: Culture and society in Italy* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Caspar, M. (1993). *Kepler*. Dover Publications.
- Cassidy, D. C. (1992). *Uncertainty: The life and science of Werner Heisenberg*. W. H. Freeman.
- Chenu, M. D. (1964). *Toward understanding Saint Thomas*. Henry Regnery.
- Christianson, G. E. (1984). *In the presence of the Creator: Isaac Newton and his times*. Free Press.
- Cohen, I. B. (1971). *Introduction to Newton's Principia*. Harvard University Press.
- Cook, A. (1998). *Edmond Halley: Charting the heavens and the seas*. Oxford University Press.
- Copernicus, N. (1992). *On the revolutions* (E. Rosen, Trans.). Johns Hopkins University Press.
- Crombie, A. C. (1953). *Robert Grosseteste and the origins of experimental science, 1100-1700*. Clarendon Press.
- Curd, P. (2011). *A presocratics reader: Selected fragments and testimonia* (2nd ed.). Hackett Publishing Company.
- Cunningham, A. (2006). *The identity of the history of science and medicine*. Variorum.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection*. John Murray.

- Darwin, C. (1871). *The descent of man, and selection in relation to sex*. John Murray.
- Davidson, H. A. (1992). *Alfarabi, Avicenna, and Averroes on intellect: Their cosmologies, theories of the active intellect, and theories of human intellect*. Oxford University Press.
- Davies, B. (1992). *The thought of Thomas Aquinas*. Oxford University Press.
- Descartes, R. (1985). *The philosophical writings of Descartes* (J. Cottingham, R. Stoothoff, & D. Murdoch, Trans., Vol. 1). Cambridge University Press.
- Dobbs, B. J. T. (1991). *The Janus faces of genius: The role of alchemy in Newton's thought*. Cambridge University Press.
- Drake, S. (1978). *Galileo at work: His scientific biography*. University of Chicago Press.
- Einstein, A. (1905). On a heuristic point of view concerning the production and transformation of light. *Annalen der Physik*, 17, 132-148.
- Einstein, A. (1905). On the electrodynamics of moving bodies. *Annalen der Physik*, 17, 891-921.
- Einstein, A. (1916). The foundation of the general theory of relativity. *Annalen der Physik*, 49, 769-822.
- Fakhry, M. (2001). *Averroes: His life, works and influence*. Oneworld Publications.
- Fara, P. (2002). *Newton: The making of genius*. Columbia University Press.
- Fara, P. (2009). *Science: A four thousand year history*. Oxford University Press.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Addison-Wesley.
- Finnis, J. (1980). *Natural law and natural rights*. Oxford University Press.
- Force, J. E. (1999). *Newton and religion: Context, nature, and influence*. Kluwer Academic.
- Galilei, G. (1957). *Discoveries and opinions of Galileo* (S. Drake, Trans.). Doubleday.
- Galilei, G. (1967). *Dialogue concerning the two chief world systems* (S. Drake, Trans.). University of California Press.
- Galilei, G. (1974). *Two new sciences* (S. Drake, Trans.). University of Wisconsin Press.
- Garber, D. (1992). *Descartes' metaphysical physics*. University of Chicago Press.
- Gleick, J. (2003). *Isaac Newton*. Pantheon Books.
- Graham, D. W. (2010). *The texts of early Greek philosophy: The complete fragments and selected testimonies of the major Presocratics* (Vols. 1-2). Cambridge University Press.
- Grant, E. (1996). *The foundations of modern science in the Middle Ages: Their religious, institutional, and intellectual contexts*. Cambridge University Press.
- Griffel, F. (2009). *Al-Ghazali's philosophical theology*. Oxford University Press.
- Guicciardini, N. (1999). *Reading the Principia: The debate on Newton's mathematical methods for natural philosophy from 1687 to 1736*. Cambridge University Press.
- Gutas, D. (2014). *Avicenna and the Aristotelian tradition: Introduction to reading Avicenna's philosophical works* (2nd ed.). Brill.
- Guthrie, W. K. C. (1962). *A history of Greek philosophy: Volume 1, The earlier Presocratics and the Pythagoreans*. Cambridge University Press.
- Guthrie, W. K. C. (1965). *A history of Greek philosophy: Volume 2, The Presocratic tradition from Parmenides to Democritus*. Cambridge University Press.
- Hall, A. R. (1980). *Philosophers at war: The quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge University Press.
- Hall, A. R. (1992). *Isaac Newton: Adventurer in thought*. Cambridge University Press.

- Harrison, P. (2015). *The territories of science and religion*. University of Chicago Press.
- Hasse, D. N. (2000). *Avicenna's De anima in the Latin West: The formation of a peripatetic philosophy of the soul, 1160-1300*. Warburg Institute.
- Heisenberg, W. (1925). Quantum-theoretical re-interpretation of kinematic and mechanical relations. *Zeitschrift für Physik*, 33, 879-893.
- Heisenberg, W. (1927). The physical content of quantum kinematics and mechanics. *Zeitschrift für Physik*, 43, 172-198.
- Hittinger, R. (1997). *A critique of the new natural law theory*. University of Notre Dame Press.
- Hyman, A., Walsh, J. J., & Williams, T. (Eds.). (2010). *Philosophy in the Middle Ages: The Christian, Islamic, and Jewish traditions* (3rd ed.). Hackett Publishing Company.
- Iliffe, R. (2017). *Priest of nature: The religious worlds of Isaac Newton*. Oxford University Press.
- Iqbal, M. (2013). *The making of Islamic science*. Islamic Book Trust.
- Jammer, M. (1966). *The conceptual development of quantum mechanics*. McGraw-Hill.
- Jardine, L. (1996). *Worldly goods: A new history of the Renaissance*. W. W. Norton.
- Jardine, L. (2003). *The curious life of Robert Hooke*. HarperCollins.
- Jonas, H. (1984). *The imperative of responsibility*. University of Chicago Press.
- Kemp, M. (2006). *Leonardo da Vinci: The marvellous works of nature and man*. Oxford University Press.
- Kennedy, E. S. (1956). A survey of Islamic astronomical tables. *Transactions of the American Philosophical Society*, 46(2), 123-177.
- Kenny, A. (1969). *The five ways: St. Thomas Aquinas' proofs of God's existence*. Routledge.
- Kepler, J. (1992). *New astronomy* (W. H. Donahue, Trans.). Cambridge University Press.
- King, R. (2003). *Michelangelo and the Pope's ceiling*. Walker & Company.
- Kirk, G. S., Raven, J. E., & Schofield, M. (1983). *The presocratic philosophers: A critical history with a selection of texts* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Kitchell, K. F., & Resnick, I. M. (Trans.). (1999). *Albertus Magnus, On animals: A medieval summa zoologica*. Johns Hopkins University Press.
- Kuhn, T. S. (1957). *The Copernican revolution: Planetary astronomy in the development of Western thought*. Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1978). *Black-body theory and the quantum discontinuity, 1894-1912*. University of Chicago Press.
- Leaman, O. (1988). *Averroes and his philosophy*. Clarendon Press.
- Leinsle, U. G. (2010). *Introduction to scholastic theology*. Catholic University of America Press.
- Lindberg, D. C. (1992). *The beginnings of Western science: The European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, 600 B.C. to A.D. 1450*. University of Chicago Press.
- Machiavelli, N. (1998). *The prince* (H. C. Mansfield, Trans.; 2nd ed.). University of Chicago Press.
- Mandonnet, P. (1933). *Siger de Brabant et l'averroisme latin au XIIIe siecle*. Institut Superieur de Philosophie.
- Marenbon, J. (2007). *Medieval philosophy: An historical and philosophical introduction*. Routledge.
- Marmura, M. E. (Trans.). (2000). *The incoherence of the philosophers*. Brigham Young University Press.

- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Harvard University Press.
- McGinnis, J. (2010). *Avicenna*. Oxford University Press.
- McInerney, R. (1990). *Aquinas and analogy*. Catholic University of America Press.
- McKirahan, R. D. (2010). *Philosophy before Socrates: An introduction with texts and commentary* (2nd ed.). Hackett Publishing Company.
- Mendel, G. (1866). Experiments on plant hybridization. *Proceedings of the Natural History Society of Brunn*, 4, 3-47.
- Merton, R. K. (1965). *On the shoulders of giants*. Free Press.
- Meyer, E. H. F., & Jessen, C. (Eds.). (1867). *Alberti Magni De vegetabilibus libri VII*. Reimer.
- Nash, R. F. (1967). *Wilderness and the American mind*. Yale University Press.
- Nasr, S. H. (1968). *Science and civilization in Islam*. Harvard University Press.
- Newton, I. (1952). *Opticks*. Dover Publications.
- Newton, I. (1999). *The principia: Mathematical principles of natural philosophy* (I. B. Cohen & A. Whitman, Trans.). University of California Press.
- Osborne, C. (2004). *Presocratic philosophy: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Pais, A. (1982). *Subtle is the Lord: The science and the life of Albert Einstein*. Oxford University Press.
- Pasnau, R. (1997). *Theories of cognition in the later Middle Ages*. Cambridge University Press.
- Pasnau, R. (2002). *Thomas Aquinas on human nature*. Cambridge University Press.
- Pieper, J. (1966). *The four cardinal virtues*. University of Notre Dame Press.
- Planck, M. (1901). On the law of distribution of energy in the normal spectrum. *Annalen der Physik*, 4, 553-563.
- Planck, M. (1949). *Scientific autobiography and other papers*. Philosophical Library.
- Plato. (1997). *Plato: Complete works* (J. M. Cooper & D. S. Hutchinson, Eds.). Hackett Publishing Company.
- Porter, J. (1990). *The recovery of virtue*. Westminster John Knox Press.
- Provine, W. B. (1971). *The origins of theoretical population genetics*. University of Chicago Press.
- Rashed, R. (2009). *Al-Khwarizmi: The beginnings of algebra*. Saqi Books.
- Ratzinger, J. (1969). *The theology of history in St. Bonaventure*. Franciscan Herald Press.
- Reale, G. (1987). *A history of ancient philosophy: From the origins to Socrates* (J. R. Catan, Trans.). State University of New York Press.
- Resnick, I. M. (Ed.). (2013). *A companion to Albert the Great: Theology, philosophy, and the sciences*. Brill.
- Rosen, F. (Trans.). (1831). *The algebra of Mohammed ben Musa*. Oriental Translation Fund.
- Rossi, P. (2001). *The birth of modern science*. Blackwell.
- Shapin, S. (1996). *The scientific revolution*. University of Chicago Press.
- Smith, G. E. (2002). *The methodology of the Principia*. In I. B. Cohen & G. E. Smith (Eds.), *The Cambridge companion to Newton*. Cambridge University Press.
- Stachel, J. (Ed.). (1998). *Einstein's miraculous year: Five papers that changed the face of physics*. Princeton University Press.

- Strogatz, S. (2019). *Infinite powers: How calculus reveals the secrets of the universe*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Stump, E. (2003). *Aquinas*. Routledge.
- Taylor, C. C. W. (1999). *The atomists: Leucippus and Democritus*. University of Toronto Press.
- Torrell, J.-P. (2005). *Saint Thomas Aquinas: The person and his work* (R. Royal, Trans.). Catholic University of America Press.
- Tugwell, S. (1988). *Early Dominicans: Selected writings*. Paulist Press.
- Wallace, W. A. (1970). *Prelude to Galileo: Essays on medieval and sixteenth-century sources of Galileo's thought*. D. Reidel.
- Waterfield, R. (2000). *The first philosophers: The Presocratics and Sophists*. Oxford University Press.
- Watson, J. D. (1965). *Molecular biology of the gene*. W. A. Benjamin.
- Weisheipl, J. A. (1974). *Friar Thomas d'Aquino: His life, thought, and works*. Doubleday.
- Weisheipl, J. A. (Ed.). (1980). *Albertus Magnus and the sciences: Commemorative essays*. Pontifical Institute of Mediaeval Studies.
- Westfall, R. S. (1980). *Never at rest: A biography of Isaac Newton*. Cambridge University Press.
- Whiteside, D. T. (Ed.). (1967-1981). *The mathematical papers of Isaac Newton*. Cambridge University Press.
- Williams, T. (Ed.). (1999). *The Cambridge companion to medieval philosophy*. Cambridge University Press.
- Wootton, D. (2015). *The invention of science: A new history of the scientific revolution*. Harper.
- Wyckoff, D. (Trans.). (1967). *Albertus Magnus, Book of minerals*. Clarendon Press.