



## Axiology of Science: Dimensions of Mora Values and Responsibilities in the Development of Modern Science

Pandu Yudi Putra<sup>1\*</sup>, Agung Winarno<sup>2</sup>, Subagyo<sup>3</sup>  
Universitas Negeri Malang

**Corresponding Author:** Pandu Yudi Putra [pandu.yudi.2504138@students.um.ac.id](mailto:pandu.yudi.2504138@students.um.ac.id)

### ARTICLE INFO

*Keywords:* Science Axiology, Scientific Ethics, Scientist Moral Responsibility, Philosophy of Values, Artificial Intelligence

*Received :* 24, October

*Revised :* 26, November

*Accepted:* 28, December

©2025 Putra, Winarno, Subagyo:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRACT

This article explores the central role of axiology in the development of contemporary science, focusing on the dimensions of scientists' values, ethics, and moral responsibility. Through an interdisciplinary approach that integrates philosophy of science, applied ethics, and contemporary case studies, this article outlines how axiology serves as a normative compass in directing the advancement of science to remain on the side of humanity. The findings suggest that modern technological challenges such as artificial intelligence, genetic engineering, and ecological crises demand deeper axiological reflection to ensure that science contributes to human emancipation, not technocratic domination. This article concludes that an axiological understanding is not only theoretically important, but also essential in shaping responsible and sustainable research policies.

## Aksiologi Sains: Dimensi Nilai dan Tanggung Jawab Moral dalam Pengembangan Ilmu Pengetahuan Modern

Pandu Yudi Putra<sup>1\*</sup>, Agung Winarno<sup>2</sup>, Subagyo<sup>3</sup>

Universitas Negeri Malang

**Corresponding Author:** Pandu Yudi Putra [pandu.yudi.2504138@students.um.ac.id](mailto:pandu.yudi.2504138@students.um.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

*Kata Kunci:* Aksiologi Sains, Etika Ilmiah, Tanggung Jawab Moral Ilmuwan, Filosofi Nilai, Kecerdasan Buatan

*Received :* 24, Oktober

*Revised :* 26, November

*Accepted:* 28, Desember

©2025 Putra, Winarno, Subagyo:

This is an open-access article distributed under the terms of the

[Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRAK

Artikel ini mengeksplorasi peran sentral aksiologi dalam perkembangan sains kontemporer, dengan fokus pada dimensi nilai, etika, dan tanggung jawab moral ilmuwan. Melalui pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan filsafat ilmu, etika terapan, dan studi kasus kontemporer, artikel ini menguraikan bagaimana aksiologi berfungsi sebagai kompas normatif dalam mengarahkan kemajuan sains agar tetap berpihak pada kemanusiaan. Temuan menunjukkan bahwa tantangan teknologi modern seperti kecerdasan buatan, rekayasa genetika, dan krisis ekologis menuntut refleksi aksiologis yang lebih mendalam untuk memastikan bahwa ilmu pengetahuan berkontribusi pada emansipasi manusia, bukan dominasi teknokratis. Artikel ini menyimpulkan bahwa pemahaman aksiologis tidak hanya penting secara teoretis, tetapi juga esensial dalam membentuk kebijakan riset yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

---

## PENDAHULUAN

Dalam diskursus filosofis kontemporer, sains tidak lagi dipahami semata-mata sebagai kumpulan proposisi objektif tentang realitas alamiah, melainkan sebagai praktik sosial yang sarat dengan pertimbangan nilai, orientasi normatif, dan implikasi etis. Pemahaman ini menandai pergeseran paradigmatis dari tradisi positivisme logis abad ke-20 yang mengadvokasi pemisahan tegas antara fakta dan nilai (*fact-value dichotomy*), menuju perspektif yang lebih holistik dan kontekstual dalam memandang aktivitas ilmiah (Longino, 2002; Douglas, 2009). Aksiologi, sebagai cabang filsafat yang mengkaji hakikat nilai dan kegunaan ilmu pengetahuan, memainkan peran krusial dalam memahami dimensi normatif sains. Istilah aksiologi berasal dari bahasa Yunani *axios* (bernilai, berharga) dan *logos* (ilmu, kajian), yang secara harfiah bermakna "ilmu tentang nilai" (Hartmann, 1926; Scheler, 1973). Dalam konteks filsafat ilmu, aksiologi tidak hanya mempertanyakan "apa" yang dikaji (ontologi) dan "bagaimana" cara memperolehnya (epistemologi), tetapi yang lebih fundamental adalah "untuk apa" ilmu itu digunakan dan "nilai apa" yang mendasarinya (Rescher, 1969; Khodjamkulov, 2024).

Perkembangan sains modern telah menghasilkan transformasi sosial yang luar biasa dari revolusi teknologi informasi hingga kemajuan biomedis yang menyelamatkan jutaan nyawa. Namun, kemajuan ini juga disertai dengan dilema etis yang kompleks dan konsekuensi yang tidak selalu positif. Krisis ekologis global, kesenjangan digital, manipulasi genetik, proliferasi senjata pemusnah massal, dan potensi penyalahgunaan kecerdasan buatan menunjukkan bahwa sains memiliki dampak ambivalen yang memerlukan evaluasi moral yang cermat (Jonas, 1984; Floridi et al., 2018).

Fenomena ini menegaskan bahwa sains tidak pernah netral nilai. Sebagaimana diargumentasikan oleh filsuf kritis Jürgen Habermas (2015), ilmu pengetahuan selalu tertanam dalam kepentingan konstitutif tertentu baik itu kepentingan teknis (*technical interest*), praktis (*practical interest*), maupun emansipatoris (*emancipatory interest*). Oleh karena itu, refleksi aksiologis menjadi urgen untuk memastikan bahwa perkembangan sains tidak tercerabut dari akar kemanusiaannya dan tidak berubah menjadi instrumen dominasi teknokratis yang dehumanisasi.

Dalam konteks global kontemporer, munculnya teknologi kecerdasan buatan yang semakin otonom, bioteknologi yang memungkinkan editing genom manusia, serta akselerasi krisis iklim akibat eksploitasi sumber daya alam, semuanya menuntut kerangka nilai yang jelas dan komprehensif untuk mengarahkan kemajuan ilmiah (UNESCO, 2021; Schwab, 2016). Tanpa landasan aksiologis yang kokoh, sains berisiko menjadi alat kekuasaan yang memperparah ketidakadilan sosial, eksklusi digital, dan degradasi ekologis.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### ***Definisi dan Ruang Lingkup Aksiologi***

Secara etimologis, aksiologi (axiology) merupakan komposisi dari dua kata Yunani kuno: *axios* yang berarti "layak", "bernilai", atau "berharga", dan *logos* yang bermakna "ilmu", "pengetahuan", atau "studi sistematis". Dengan demikian, aksiologi dapat didefinisikan sebagai cabang filsafat yang secara sistematis mengkaji hakikat nilai, sumber nilai, jenis-jenis nilai, dan kriteria penilaian nilai (Hartmann, 1926; Perry, 1926; Rescher, 1969).

Dalam literatur filosofis, aksiologi sering diidentifikasi dengan "teori nilai" (value theory) atau "filosofi nilai" (philosophy of values). Namun, beberapa filsuf membedakan aksiologi sebagai studi yang lebih luas yang mencakup tidak hanya nilai moral (etika) dan nilai estetik (estetika), tetapi juga nilai-nilai epistemik, nilai-nilai religius, nilai ekonomi, dan nilai-nilai sosial-politik (Frondizi, 1971; Audi, 2011).

Perkembangan aksiologi sebagai disiplin filosofis yang distingtif dimulai pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, terutama melalui karya-karya pemikir Jerman dan Austria seperti Hermann Lotze, Franz Brentano, Alexius Meinong, Christian von Ehrenfels, Max Scheler, dan Nicolai Hartmann (Findlay, 1970). Eduard von Hartmann adalah orang pertama yang menggunakan istilah "aksiologi" dalam judul bukunya *Grundriss der Axiologie* (1909), yang menandai kelahiran formal aksiologi sebagai subdisiplin filosofis yang mandiri.

### ***Aksiologi dalam Arsitektur Filsafat Ilmu***

Dalam struktur filsafat ilmu, aksiologi merupakan salah satu dari tiga pilar fundamental bersama dengan ontologi dan epistemologi. Ketiga domain ini membentuk tripod filosofis yang memberikan landasan komprehensif bagi pemahaman ilmu pengetahuan:

1. Ontologi membahas hakikat realitas yang dikaji oleh ilmu pertanyaan tentang 'apa' yang ada, struktur eksistensi objek ilmiah, dan relasi antara entitas-entitas dalam domain keilmuan tertentu (Quine, 1948; Lowe, 2002).
2. Epistemologi mengkaji hakikat pengetahuan dan metode pemerolehannya pertanyaan tentang 'bagaimana' kita mengetahui, kriteria kebenaran, validitas metode ilmiah, dan justifikasi klaim pengetahuan (Chisholm, 1989; Bonjour, 2002).
3. Aksiologi menyelidiki dimensi nilai dan tujuan ilmu pertanyaan tentang 'untuk apa' ilmu digunakan, nilai apa yang mendasari praktik ilmiah, dan bagaimana ilmu berkontribusi pada kehidupan yang baik (eudaimonia) (Rescher, 1969; Lacey, 1999).
4. Meskipun ketiga domain ini dapat dibedakan secara analitis, dalam praktik ilmiah konkret, ketiganya saling terjalin dan tidak dapat sepenuhnya dipisahkan. Pilihan ontologis (misalnya, apakah menerima eksistensi entitas teoretis seperti elektron atau quark) dipengaruhi oleh pertimbangan epistemik (seperti kesuksesan prediktif teori) sekaligus oleh nilai-nilai seperti kesederhanaan teoretis, koherensi, dan daya penjelasan (Van Fraassen, 1980; Kuhn, 1977).

### ***Komponen Struktural: Etika dan Estetika***

Secara tradisional, aksiologi mencakup dua subdomain utama yang saling berkaitan namun dapat dibedakan:

#### **1. Etika (Moral Values)**

Etika merupakan studi filosofis tentang moralitas yakni sistem norma yang mengatur perilaku manusia dalam dimensi baik-buruk atau benar-salah secara moral (Rachels & Rachels, 2015). Dalam konteks aksiologi sains, etika ilmiah membahas prinsip-prinsip moral yang harus membimbing praktik penelitian, seperti integritas akademik, kejujuran intelektual, objektivitas, transparansi, akuntabilitas, dan penghormatan terhadap subjek penelitian (Resnik, 2020; Steneck, 2006).

Etika ilmiah mencakup beberapa dimensi penting: (a) Etika penelitian (research ethics), yang meliputi prinsip-prinsip etis dalam desain dan pelaksanaan penelitian; (b) Etika publikasi (publication ethics), berkaitan dengan standar etis dalam diseminasi hasil penelitian; dan (c) Etika aplikasi teknologi (ethics of technology application), mengkaji implikasi moral dari penerapan pengetahuan ilmiah dalam bentuk teknologi (Jonas, 1984; Floridi & Cowls, 2019; UNESCO, 2021).

#### **2. Estetika (Aesthetic Values)**

Estetika adalah cabang filsafat yang mengkaji pengalaman keindahan, seni, dan penilaian estetis (Scruton, 2009; Carroll, 1999). Dalam konteks sains, nilai-nilai estetis memainkan peran yang lebih signifikan daripada yang sering disadari. Banyak ilmuwan besar dari Einstein hingga Dirac menekankan pentingnya keindahan matematika dan elegansi teoretis sebagai kriteria dalam memilih antara teori-teori yang berkompetisi (Chandrasekhar, 1987; Wilczek, 2015).

Nilai-nilai estetis dalam sains meliputi kesederhanaan/parsimoni (simplicity), simetri (symmetry), elegansi matematika (mathematical elegance), dan koherensi konseptual (conceptual coherence). Meskipun nilai-nilai estetis ini tampaknya subjektif, penelitian menunjukkan bahwa mereka sering berkorelasi dengan keberhasilan empiris teori – teori yang lebih sederhana dan simetris cenderung memiliki daya prediktif yang lebih baik (McAllister, 1996; Kuhn, 1977).

### ***Problematika Pemisahan Fakta dan Nilai***

Salah satu perdebatan paling persisten dalam filsafat ilmu adalah tentang sejauh mana sains dapat atau harus bebas nilai (value-free). Tradisi positivisme logis, yang dominan di awal abad ke-20, mengadvokasi pemisahan tegas antara pernyataan faktual (is statements) dan pernyataan normatif (ought statements) dikenal sebagai is-ought dichotomy atau fact-value dichotomy (Carnap, 1932/1959; Reichenbach, 1938).

Namun, sejak pertengahan abad ke-20, pemisahan ketat ini telah dikritik oleh berbagai filsuf dan sosiolog sains. W.V.O. Quine dan Pierre Duhem menunjukkan bahwa data empiris selalu "underdetermine" teori yakni, untuk setiap set data, selalu ada multiple teori yang konsisten dengannya (Quine, 1951; Duhem, 1906/1954). Pilihan di antara teori-teori yang secara empiris ekuivalen ini tidak bisa dilakukan hanya berdasarkan data, melainkan memerlukan pertimbangan nilai-nilai pragmatis dan estetis.

Heather Douglas mengembangkan "argumen risiko induktif" (inductive risk argument) yang menyatakan bahwa dalam menginterpretasikan data dan menerima/menolak hipotesis, ilmuwan harus mempertimbangkan konsekuensi sosial dari kesalahan (false positives vs false negatives) (Douglas, 2009). Misalnya, dalam menguji keamanan obat atau polutan lingkungan, tingkat signifikansi statistik yang dipilih melibatkan trade-off antara risiko yang memiliki dimensi moral yang tidak bisa dihindari.

### ***Menuju Sains yang Sadar Nilai (Value-Conscious Science)***

Kritik-kritik terhadap ideal value-free science tidak berarti bahwa sains harus menjadi sepenuhnya subjektif atau relativistik. Yang diperlukan adalah transisi dari ideal value-free science menuju value-conscious science yakni, sains yang secara reflektif menyadari peran nilai dalam praktik ilmiah dan secara transparan mengeksplisitkan nilai-nilai yang mendasari keputusan metodologis dan interpretatif (Lacey, 1999; Douglas, 2009). Helen Longino (2002) mengusulkan model "objektivitas kontekstual" (contextual objectivity) yang mengakui bahwa nilai-nilai memainkan peran legitim dalam sains, namun objektivitas tetap dapat dicapai melalui pluralisme metodologis, kritik publik, responsivitas, dan standar bersama. Model ini menunjukkan bahwa objektivitas bukan lagi dipahami sebagai eliminasi nilai, melainkan sebagai proses sosial di mana berbagai nilai dan perspektif dipertaruhkan secara terbuka dan dikritisi secara mutual (socially negotiated objectivity).

### ***Aksiologi dan Tanggung Jawab Epistemik***

Perkembangan epistemologi sosial kontemporer menekankan dimensi moral dari praktik epistemik (epistemic responsibility) (Code, 1987; Fricker, 2007). Ilmuwan tidak hanya memiliki tanggung jawab teknis untuk menghasilkan pengetahuan yang akurat, tetapi juga tanggung jawab moral dalam: (1) Mempertimbangkan risiko epistemik dalam kondisi ketidakpastian; (2) Menghindari ketidakadilan epistemik terhadap kelompok-kelompok yang termarginalisasi; (3) Komunikasi publik yang bertanggung jawab tentang temuan ilmiah; dan (4) Transparansi tentang keterbatasan metodologis dan tingkat ketidakpastian.

## **METODOLOGI**

Artikel ini menggunakan metode kajian pustaka (library research) dengan pendekatan filosofis-analitis untuk mengeksplorasi dimensi aksiologis dalam perkembangan sains kontemporer. Penelitian ini bersifat kualitatif dengan paradigma interpretatif, yang bertujuan untuk memahami dan menganalisis secara mendalam konsep-konsep filosofis terkait nilai, etika, dan tanggung jawab moral dalam praktik ilmiah.

### ***Jenis dan Pendekatan Penelitian***

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian filosofis dengan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan filsafat ilmu, etika terapan, dan studi teknologi kontemporer. Metode analisis yang digunakan adalah hermeneutik filosofis, yaitu interpretasi mendalam terhadap teks-teks filosofis dan ilmiah untuk mengungkap makna dan implikasi aksiologis dari perkembangan sains modern.

### ***Sumber Data***

Data dalam penelitian ini bersumber dari literatur primer dan sekunder yang meliputi:

1. Literatur primer berupa buku-buku dan artikel jurnal klasik dalam bidang filsafat ilmu dan etika, khususnya karya-karya tokoh seperti Nicolai Hartmann, Max Scheler, Jürgen Habermas, Hans Jonas, dan lainnya.
2. Literatur sekunder berupa artikel jurnal internasional bereputasi yang membahas isu-isu kontemporer terkait etika sains, kecerdasan buatan, bioteknologi, dan responsible research and innovation.
3. Dokumen kebijakan dan laporan dari organisasi internasional seperti UNESCO dan lembaga riset terkemuka.
4. Studi kasus dan contoh-contoh empiris dari perkembangan teknologi kontemporer.

### ***Teknik Pengumpulan Data***

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi, yaitu penelusuran dan pengumpulan literatur dari berbagai sumber akademik terindeks seperti Google Scholar, Scopus, Web of Science, JSTOR, dan repositori perpustakaan digital. Kriteria seleksi literatur mencakup relevansi topik, kredibilitas penulis dan penerbit, serta kemutakhiran publikasi (prioritas pada publikasi 10 tahun terakhir, dengan tetap mempertahankan referensi klasik yang fundamental).

### ***Teknik Analisis Data***

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap:

1. Analisis konseptual: Mengidentifikasi dan menjelaskan konsep-konsep kunci terkait aksiologi sains, seperti nilai, etika, tanggung jawab moral, dan responsible innovation.
2. Analisis komparatif: Membandingkan berbagai perspektif filosofis tentang hubungan antara sains dan nilai, termasuk perdebatan antara value-free science dan value-laden science.

3. Analisis kritis: Mengkritisi pandangan-pandangan yang ada dan mengidentifikasi kekuatan serta kelemahan dari berbagai posisi filosofis.
4. Sintesis: Mengintegrasikan temuan-temuan dari berbagai literatur untuk menghasilkan pemahaman komprehensif tentang dimensi aksiologis sains kontemporer.
5. Aplikasi pada kasus kontemporer: Menerapkan kerangka teoritis yang telah dikembangkan untuk menganalisis isu-isu etis dalam teknologi modern seperti AI, bioteknologi, dan krisis ekologis.

Melalui pendekatan metodologis ini, penelitian ini berupaya untuk tidak hanya mendeskripsikan konsep-konsep aksiologis, tetapi juga memberikan analisis kritis dan rekomendasi praktis untuk pengembangan sains yang bertanggung jawab dan berorientasi pada nilai-nilai kemanusiaan.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

### ***Nilai-nilai dalam Sains: Dari Epistemik hingga Etis***

Analisis terhadap literatur menunjukkan bahwa nilai-nilai dalam sains dapat dikategorikan ke dalam tiga tingkatan yang saling terkait: nilai epistemik, nilai metodologis, dan nilai kontekstual. Nilai epistemik mencakup akurasi empiris, konsistensi internal, cakupan eksplanatoris, kesederhanaan, dan kekuatan prediktif yang menjadi kriteria evaluasi teori ilmiah (Kuhn, 1977). Nilai metodologis terkait dengan prosedur penelitian seperti objektivitas, reproduisibilitas, dan transparansi. Sementara nilai kontekstual meliputi pertimbangan sosial, ekonomi, dan etis yang mempengaruhi prioritas penelitian dan aplikasi pengetahuan.

Temuan penting dari kajian ini adalah bahwa pemisahan tegas antara nilai epistemik dan nilai kontekstual tidak selalu mungkin dalam praktik ilmiah. Douglas (2009) menunjukkan bahwa pertimbangan etis dapat dan seharusnya masuk dalam proses inferensi ilmiah, khususnya dalam menentukan ambang batas bukti yang cukup untuk menerima atau menolak hipotesis dengan implikasi sosial yang signifikan. Misalnya, dalam penelitian tentang keamanan obat atau dampak lingkungan, standar bukti yang lebih ketat diperlukan ketika kesalahan dapat membahayakan kehidupan manusia atau ekosistem.

### ***Kritik terhadap Ideal Value-Free Science***

Pembahasan menunjukkan bahwa ideal sains bebas nilai (value-free science) yang diwariskan dari positivisme logis menghadapi kritik fundamental dari berbagai perspektif. Pertama, kritik historis-sosiologis menunjukkan bahwa pemilihan topik penelitian, metodologi, dan interpretasi data selalu dipengaruhi oleh konteks sosial-budaya dan sistem nilai peneliti (Longino, 2002; Latour, 1987). Kedua, kritik feminist epistemology mengungkap bahwa klaim objektivitas sering kali menyembunyikan bias gender dan perspektif androcentric dalam sains (Fricker, 2007). Ketiga, kritik dari etika terapan menunjukkan bahwa netralitas nilai dalam sains tidak mungkin dan tidak diinginkan ketika menghadapi isu-isu dengan konsekuensi moral yang besar.



Analisis terhadap kasus-kasus kontemporer seperti penelitian kecerdasan buatan, rekayasa genetika, dan teknologi nuklir mengkonfirmasi bahwa pertanyaan tentang "apa yang seharusnya diteliti" dan "bagaimana hasil penelitian seharusnya digunakan" tidak dapat dijawab hanya dengan pertimbangan epistemik, melainkan memerlukan refleksi etis yang eksplisit (Jonas, 1984; Floridi et al., 2018).

### ***Tanggung Jawab Moral Ilmuwan di Era Teknologi Disruptif***

Hasil kajian mengidentifikasi empat dimensi tanggung jawab moral ilmuwan yang semakin krusial di era teknologi disruptif:

1. Tanggung jawab epistemik: Komitmen terhadap integritas penelitian, kejujuran intelektual, dan akurasi dalam pelaporan hasil (Resnik, 2020; Steneck, 2006).
2. Tanggung jawab sosial: Kesadaran akan dampak penelitian terhadap masyarakat dan lingkungan, serta partisipasi aktif dalam dialog publik tentang sains (Bult & Burns, 2019).
3. Tanggung jawab antisipatif: Kemampuan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan konsekuensi negatif dari inovasi teknologi sebelum diimplementasikan secara luas (Owen et al., 2012).
4. Tanggung jawab reflektif: Kesiapan untuk terus-menerus mengevaluasi asumsi, nilai, dan implikasi dari aktivitas ilmiah (Stilgoe et al., 2013).

Analisis terhadap dilema etis dalam penelitian kecerdasan buatan menunjukkan kompleksitas tanggung jawab moral di era teknologi modern. Isu-isu seperti bias algoritmik, transparansi sistem AI, dan potensi pengangguran massal akibat otomasi menuntut ilmuwan untuk tidak hanya fokus pada kemajuan teknis, tetapi juga mempertimbangkan implikasi sosial dan keadilan distributif (Dignum, 2019; Floridi & Cowls, 2019).

### ***Prinsip-prinsip Responsible Research and Innovation (RRI)***

Pembahasan mengidentifikasi empat pilar fundamental RRI yang telah dikembangkan dalam literatur dan kebijakan riset Eropa (Stilgoe et al., 2013; von Schomberg, 2011):

1. Antisipatif (Anticipation): Mengidentifikasi dan menganalisis potensi dampak positif dan negatif dari inovasi sejak tahap awal.
2. Refleksif (Reflexivity): Kesadaran kritis terhadap asumsi, keterbatasan, dan nilai-nilai yang membentuk agenda penelitian.
3. Inklusif (Inclusiveness): Melibatkan berbagai pemangku kepentingan dalam dialog tentang arah dan tujuan penelitian.
4. Responsif (Responsiveness): Kemampuan untuk menyesuaikan trajektori penelitian berdasarkan pembelajaran dan dialog dengan Masyarakat.

Implementasi RRI memerlukan transformasi struktural dalam ekosistem riset, termasuk reformasi sistem evaluasi dan insentif akademik, pengembangan kapasitas etika di kalangan peneliti, dan penciptaan mekanisme partisipasi publik yang efektif dalam governance teknologi.

### ***Implikasi untuk Pendidikan dan Kebijakan Sains***

Temuan kajian ini memiliki implikasi penting untuk reformasi pendidikan sains. Pertama, kurikulum sains di semua jenjang pendidikan perlu mengintegrasikan dimensi etika dan tanggung jawab sosial, tidak hanya fokus pada konten teknis. Kedua, pendidikan sains harus mengembangkan kemampuan refleksi kritis dan sensitivitas terhadap nilai-nilai yang tertanam dalam praktik ilmiah. Ketiga, perlu dikembangkan pedagogi yang mendorong dialog interdisipliner dan partisipasi dalam diskursus publik tentang isu-isu sains dan teknologi.

Dari perspektif kebijakan, kajian ini merekomendasikan: (1) Pengembangan kerangka regulasi yang proporsional dan adaptif untuk teknologi emerging, (2) Penguatan mekanisme penilaian dampak etika dan sosial dalam pendanaan riset, (3) Penciptaan forum deliberatif untuk dialog antara saintis, pembuat kebijakan, dan masyarakat, dan (4) Investasi dalam penelitian tentang implikasi etika dan sosial dari teknologi baru.

### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Kajian ini menegaskan bahwa aksiologi memainkan peran fundamental dalam memahami dan mengarahkan perkembangan sains kontemporer. Berbeda dengan ideal value-free science yang dikritik dari berbagai perspektif, pendekatan value-conscious science yang mengakui dan secara eksplisit merefleksikan dimensi nilai dalam praktik ilmiah lebih sesuai dengan realitas dan kebutuhan sains modern.

Tanggung jawab moral ilmuwan tidak terbatas pada integritas epistemik, tetapi mencakup dimensi sosial, antisipatif, dan reflektif yang semakin krusial di era teknologi disruptif. Implementasi prinsip-prinsip Responsible Research and Innovation (RRI) menawarkan kerangka kerja yang komprehensif untuk memastikan bahwa kemajuan ilmiah berkontribusi pada kesejahteraan manusia dan keberlanjutan ekologis.

Reformasi pendidikan sains dan kebijakan riset diperlukan untuk mengintegrasikan pertimbangan aksiologis secara sistematis. Ini mencakup pengembangan kurikulum yang menekankan etika dan tanggung jawab sosial, penciptaan mekanisme governance yang inklusif dan responsif, serta investasi dalam penelitian tentang implikasi etika dan sosial dari teknologi emerging.

Akhirnya, kajian ini menunjukkan bahwa refleksi aksiologis bukan sekadar tambahan normatif terhadap praktik ilmiah, melainkan komponen integral yang memastikan bahwa sains tetap berakar pada nilai-nilai kemanusiaan dan berorientasi pada emansipasi, bukan dominasi teknokratis. Dalam menghadapi tantangan kompleks abad ke-21 seperti perubahan iklim, kesenjangan global, dan transformasi digital, pemahaman dan implementasi aksiologi sains menjadi semakin urgen dan tak terelakkan.

### **PENELITIAN LANJUTAN**

Masih melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui lebih jauh tentang Aksiologi Sains: Dimensi Nilai dan Tanggung Jawab Moral dalam Pengembangan Ilmu Pengetahuan Modern.

## DAFTAR PUSTAKA

- Audi, R. (Ed.). (2011). *The Cambridge Dictionary of Philosophy* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Bollyky, T. J., & Bown, C. P. (2020). The tragedy of vaccine nationalism: Only cooperation can end the pandemic. *Foreign Affairs*, 99(5), 96-108.
- BonJour, L. (2002). *Epistemology: Classic Problems and Contemporary Responses*. Rowman & Littlefield.
- Bult, M., & Burns, T. W. (2019). Science communication: A contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 28(6), 663-679.
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81, 1-15.
- Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 1-12.
- Carnap, R. (1959). The elimination of metaphysics through logical analysis of language. In A. J. Ayer (Ed.), *Logical Positivism* (pp. 60-81). Free Press. (Original work published 1932).
- Carroll, N. (1999). *Philosophy of Art: A Contemporary Introduction*. Routledge.
- Chandrasekhar, S. (1987). *Truth and Beauty: Aesthetics and Motivations in Science*. University of Chicago Press.
- Chisholm, R. M. (1989). *Theory of Knowledge* (3rd ed.). Prentice-Hall.
- Code, L. (1987). *Epistemic Responsibility*. University Press of New England.
- Danaher, J. (2021). Axiological Futurism: The Systematic Study of the Future of Values. *Futures*, 132, 102788.
- Dignum, V. (2019). *Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way*. Springer.
- Douglas, H. (2009). *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. University of Pittsburgh Press.
- Duhem, P. (1954). *The Aim and Structure of Physical Theory* (P. P. Wiener, Trans.). Princeton University Press. (Original work published 1906).
- Eubanks, V. (2018). *Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor*. St. Martin's Press.
- Evans, S. W., & Selgelid, M. J. (2015). Biosecurity and open-source biology. *Science and Engineering Ethics*, 21(4), 1029-1051.
- Findlay, J. N. (1970). *Axiological Ethics*. Macmillan.
- Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1).

- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., et al. (2018). AI4People – An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707.
- Fricker, M. (2007). *Epistemic Injustice: Power and the Ethics of Knowing*. Oxford University Press.
- Fronzizi, R. (1971). *What is Value? An Introduction to Axiology* (2nd ed.). Open Court.
- Galison, P., & Hevly, B. (Eds.). (1992). *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*. Stanford University Press.
- Gardiner, S. M. (2011). *A Perfect Moral Storm: The Ethical Tragedy of Climate Change*. Oxford University Press.
- Habermas, J. (2015). *Knowledge and Human Interests* (J. J. Shapiro, Trans.; 2nd ed.). Polity Press. (Original work published 1968).
- Harris, C. E., Pritchard, M. S., Rabins, M. J., James, R., & Englehardt, E. (2009). *Engineering Ethics: Concepts and Cases* (4th ed.). Wadsworth.
- Hartmann, N. (1926). *Ethik*. Walter de Gruyter.
- Herkert, J. R. (2000). Engineering ethics education in the USA: Content, pedagogy and curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 25(4), 303-313.
- Herzog, L. M., Norheim, O. F., Emanuel, E. J., & McCoy, M. S. (2021). Covax must go beyond proportional allocation of covid vaccines to ensure fair and equitable access. *BMJ*, 372, m4853.
- Jamieson, D. (1996). Ethics and intentional climate change. *Climatic Change*, 33(3), 323-336.
- Jasanoff, S., Markle, G. E., Petersen, J. C., & Pinch, T. (Eds.). (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. Sage Publications.
- Jonas, H. (1984). *The Imperative of Responsibility: In Search of an Ethics for the Technological Age* (H. Jonas & D. Herr, Trans.). University of Chicago Press. (Original work published 1979).
- Khodjamkulov, U. N. (2024). The role of the axiological approach in the development of education in modern pedagogy. *Web of Teachers: Inderscience Research*, 2(12), 278-282.
- Kuhn, T. S. (1977). Objectivity, value judgment, and theory choice. In *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (pp. 320-339). University of Chicago Press.
- Lacey, H. (1999). *Is Science Value Free? Values and Scientific Understanding*. Routledge.
- Lacey, H. (2016). Science, values and objectivity from the perspective of a value-free ideal. In K. C. Elliott & D. Steel (Eds.), *Current Controversies in Values and Science* (pp. 42-58). Routledge.

- Lander, E. S., et al. (2019). Adopt a moratorium on heritable genome editing. *Nature*, 567(7747), 165-168.
- Latour, B. (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Harvard University Press.
- Longino, H. E. (2002). *The Fate of Knowledge*. Princeton University Press.
- Lowe, E. J. (2002). *A Survey of Metaphysics*. Oxford University Press.
- McAllister, J. W. (1996). *Beauty and Revolution in Science*. Cornell University Press.
- Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3(2), 1-21.
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism*. NYU Press.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. Crown.
- Oreskes, N. (2019). *Why Trust Science?* Princeton University Press.
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751-760.
- Perry, R. B. (1926). *General Theory of Value*. Longmans, Green.
- Quine, W. V. O. (1948). On what there is. *The Review of Metaphysics*, 2(5), 21-38.
- Quine, W. V. O. (1951). Two dogmas of empiricism. *The Philosophical Review*, 60(1), 20-43.
- Rachels, J., & Rachels, S. (2015). *The Elements of Moral Philosophy* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction*. University of Chicago Press.
- Rescher, N. (1969). *Introduction to Value Theory*. Prentice-Hall.
- Resnik, D. B. (2020). *The Ethics of Science: An Introduction*. Routledge.
- Scheler, M. (1973). *Formalism in Ethics and Non-Formal Ethics of Values* (M. S. Frings & R. L. Funk, Trans.). Northwestern University Press. (Original work published 1913-1916)
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Scruton, R. (2009). *Beauty*. Oxford University Press.
- Selgelid, M. J. (2016). Gain-of-function research: Ethical analysis. *Science and Engineering Ethics*, 22(4), 923-964.

- Steneck, N. H. (2006). Fostering integrity in research: Definitions, current knowledge, and future directions. *Science and Engineering Ethics*, 12(1), 53-74.
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568-1580.
- UNESCO. (2021). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. UNESCO.
- Van Fraassen, B. C. (1980). *The Scientific Image*. Clarendon Press.
- Von Schomberg, R. (2011). *Prospects for Technology Assessment in a Framework of Responsible Research and Innovation*. Springer.
- Wilczek, F. (2015). *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design*. Penguin Press.