

Artikel

Optimalisasi Riset Sains Dasar untuk Peningkatan Inovasi dan Produktivitas

Sarah Nadiyah Hanifah Rusdi^{1*}, Yasir Arafat², Astri Kusuma Mayasari³, Agustino Zulys⁴, dan Iwan Pranoto⁵

^{1,2,3} Pusat Analisis Kebijakan dan Kinerja, Kementerian PPN/Bappenas

⁴ Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

⁵ Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

Korespondensi: * sarah.hanifah@bappenas.go.id

 <https://doi.org/10.47266/bwp.v9i2.455> | halaman: 338 – 355

Abstrak

Riset sains dasar memerankan peran strategis dalam mendukung inovasi dan peningkatan produktivitas nasional menuju transformasi ekonomi berbasis pengetahuan. Studi ini mengidentifikasi arah kebijakan dan strategi penguatan riset sains dasar di Indonesia dengan mengadopsi pendekatan *systematic literature review* (SLR) terhadap sejumlah publikasi ilmiah dan laporan kebijakan dari tahun 2004 hingga 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontribusi riset sains dasar di Indonesia masih terbatas akibat rendahnya anggaran penelitian, jumlah peneliti yang minim, serta lemahnya kolaborasi antara pemerintah, perguruan tinggi, dan industri. Hal ini ditandai dengan pengeluaran R&D Indonesia yang masih rendah (0,28% dari PDB) dan jumlah peneliti per satu juta penduduk (395) yang berdampak pada skor Global Innovation Index yang rendah (29,3) pada tahun 2020. Indonesia dapat melakukan *benchmarking* terhadap negara lain seperti China, Prancis, dan Paraguay yang berhasil mengoptimalkan riset sains dasar melalui peningkatan pendanaan, skema insentif yang adaptif, serta penguatan ekosistem riset kolaboratif. Berdasarkan temuan tersebut, studi ini merekomendasikan lima arah kebijakan utama: peningkatan alokasi anggaran, skema insentif bagi sektor swasta dan akademik, penguatan SDM riset sains dasar, pengembangan kolaborasi lintas sektor, dan reformasi kelembagaan riset. Rekomendasi ini diharapkan dapat menjadi fondasi kebijakan dalam mendukung pencapaian Visi Indonesia Emas 2045 melalui sains dasar yang kuat dan produktif.

Kata Kunci: Riset sains dasar; Inovasi; Produktivitas.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. Pendahuluan

Undang-Undang Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) Tahun 2025-2045 menetapkan Visi Indonesia Emas 2045 yaitu Negara Kesatuan Republik Indonesia yang bersatu, berdaulat, maju, dan berkelanjutan. Pada usia seratus tahunnya, pendapatan per kapita Indonesia ditargetkan dapat mencapai USD30.300 atau setara dengan negara maju (Bappenas, 2024). Peningkatan pendapatan per kapita berbanding lurus dengan produktivitas yang dipengaruhi oleh daya saing SDM serta riset dan inovasi. Presiden Prabowo menegaskan bahwa tidak ada bangsa yang makmur tanpa penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi (Kompas, 2025a). Sejalan dengan arahan Presiden tersebut, dalam salah satu pidatonya, Presiden China, Xi Jinping juga pernah menyampaikan, “*Science and technology are the foundation of national strength and prosperity, and innovation is the soul of national advancement*” (NY Times, 2014).

Pengalaman negara-negara maju menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dipengaruhi oleh kemampuan mengembangkan Iptek secara sistematis dan berkelanjutan. Upaya Indonesia menjadi negara maju perlu ditopang penguatan sains dan teknologi guna melanjutkan hilirisasi dan industrialisasi untuk meningkatkan nilai tambah di dalam negeri serta SDM unggul. Arah kebijakan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025-2045 secara eksplisit menempatkan riset sebagai pengungkit utama transformasi ekonomi melalui dua *game changers*, yaitu peningkatan partisipasi pendidikan tinggi dan lulusan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) berkualitas termasuk pemanfaatan dana abadi pendidikan, serta peningkatan anggaran IPTEKIN nasional menuju komersialisasi oleh industri dan kemajuan Iptek.

Dalam konteks ini, Menteri Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi menekankan pentingnya penguatan riset, khususnya riset sains dasar agar dapat memberikan dampak signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi bangsa. Upaya ini sejalan dengan harapan Presiden Prabowo untuk memperkuat terobosan di bidang sains dan teknologi untuk menjawab kebutuhan bangsa dan menjaga daya saing Indonesia agar sejajar dengan negara maju (Kompas, 2025c). Laporan OECD (2023) menunjukkan bahwa investasi dalam riset sains dasar tidak hanya mampu mendorong terobosan ilmiah tetapi juga menciptakan efek pengganda yang luas, termasuk peningkatan produktivitas, inovasi teknologi, dan pertumbuhan ekonomi. Namun, Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam mengoptimalkan riset sains dasar. Berdasarkan data UNESCO *Institute for Statistics* (UIS), alokasi anggaran Indonesia untuk penelitian dan pengembangan (R&D) tahun 2020 hanya sekitar 0,28% dari PDB, jauh di bawah negara-negara ASEAN lainnya pada tahun yang sama seperti Singapura (2,16%), Thailand (1,33%), Malaysia (0,95%), dan Vietnam (0,42%).

Data dari *World Development Indicator* Bank Dunia menunjukkan bahwa China mengalokasikan 2,42% dari PDB untuk *Research and Development* (R&D) tahun 2021 untuk bidang prioritas seperti elektronik, mobil listrik, panel surya, dan kecerdasan buatan (*DeepSeek*). Kebijakan ini mendorong inovasi serta secara signifikan meningkatkan kualitas SDM yang menguatkan posisi China dalam perekonomian global. Di sisi lain, Indonesia masih menghadapi kendala dalam mengoptimalkan kontribusi riset sains dasar terhadap produktivitas nasional. Beberapa masalah utama yang dihadapi meliputi keterbatasan SDM riset, rendahnya alokasi anggaran untuk penelitian, infrastruktur dan fasilitas riset yang kurang memadai, serta kurangnya kolaborasi antara universitas dan industri (World Bank. 2020). Hal ini mengakibatkan hasil riset sains dasar sering kali tidak terimplementasikan secara optimal dalam praktik industri atau kebijakan publik. Selain itu, laporan terkini sebagaimana dimuat di Kompas (2025b)

mengungkapkan adanya penurunan minat siswa Indonesia terhadap sains yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti metode pengajaran yang kurang menarik, kurangnya fasilitas eksperimen, dan minimnya figur ilmuwan inspiratif. Persepsi sains sebagai ilmu sulit juga menjadi tantangan tersendiri yang kemudian menimbulkan anggapan bahwa sains tidak lagi relevan untuk kehidupan sehari-hari.

Dalam jangka panjang, beberapa studi menggarisbawahi pentingnya mengoptimalkan riset sains dasar untuk meningkatkan produktivitas. Penelitian yang menggunakan data dari 31 provinsi di China menunjukkan bahwa peningkatan proporsi riset sains dasar memiliki efek signifikan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi regional (Jiang Y et al., 2022). Laverde-Rojas dan Correa (2019) juga menemukan hubungan positif antara produktivitas ilmiah dari sains dasar dengan kompleksitas ekonomi, khususnya di negara berpenghasilan tinggi dengan ekosistem kolaboratif yang kuat. Di negara berpenghasilan menengah, Jaffe et al. (2013) menunjukkan bahwa riset sains dasar memiliki korelasi lebih kuat terhadap pertumbuhan ekonomi jangka panjang dibandingkan indikator lainnya. Dalam konteks Indonesia, Hamidah et al. (2025) mengungkapkan bahwa peningkatan publikasi ilmiah, dukungan kebijakan, serta pendanaan yang memadai berperan penting dalam meningkatkan produktivitas penelitian. Namun, masih terdapat kesenjangan dalam literatur mengenai strategi spesifik untuk mengoptimalkan riset sains dasar di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi arah kebijakan dan strategi peningkatan riset sains dasar, menggali faktor penghambat dan pendukung dalam mengoptimalkan riset sains dasar, serta mengambil pembelajaran dari pengalaman negara-negara maju. Dengan fokus pada penguatan riset sains dasar sebagai fondasi kemajuan Iptek, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan untuk peningkatan produktivitas sebagai pendorong utama pencapaian visi Indonesia Emas 2045. Penelitian ini dirancang untuk menjawab dua pertanyaan utama: (1) Bagaimana arah kebijakan yang mendukung pentingnya inovasi dan peningkatan produktivitas melalui optimalisasi riset sains dasar?; dan (2) Apa faktor penghambat dan pendukung yang dapat diadopsi dari pengalaman negara-negara maju untuk mengoptimalkan riset sains dasar di Indonesia?

Penelitian ini diawali dengan Pendahuluan yang memberikan gambaran konteks dan tujuan penelitian. Kemudian bagian Metode yang merinci desain penelitian dan pengumpulan data. Hasil, Analisis, dan Pembahasan menyajikan temuan dan implikasinya, dan terakhir bagian Rekomendasi Kebijakan yang menawarkan rekomendasi kebijakan sesuai hasil dan diskusi.

II. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *systematic literature review* (SLR) yang dipadukan dengan analisis tematik kualitatif. SLR merupakan metodologi terstruktur yang bertujuan untuk mengumpulkan, mengevaluasi, mensintesis temuan penelitian dari sumber-sumber yang kredibel, seperti jurnal ilmiah dan laporan kebijakan (Cabrera et al., 2023). Literatur yang dianalisis mencakup publikasi dalam rentang waktu 20 tahun terakhir (2004–2024) dan diperoleh dari basis data terkemuka seperti Scopus, Google Scholar, dan JSTOR. Kata kunci pencarian meliputi istilah seperti “optimalisasi riset sains dasar”, “riset sains dasar untuk peningkatan inovasi dan produktivitas”, “*optimizing basic scientific research*”, “*basic scientific research to improve productivity and innovation*” serta istilah-istilah relevan lainnya.

Proses seleksi literatur dilakukan dengan pendekatan *purposive sampling*, memilih studi dan laporan *peer-reviewed* yang paling relevan. Kriteria inklusi mencakup artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2004–2024, berbahasa Inggris atau Indonesia, serta memiliki

relevansi yang tinggi dengan tujuan penelitian. Kriteria eksklusi meliputi artikel di luar rentang waktu tersebut atau tidak sesuai dengan fokus penelitian. Literatur yang terpilih kemudian dipastikan kualitas dan reputasi sumbernya. Hanya data yang dapat diakses publik yang digunakan dalam penelitian ini, sesuai dengan standar etika penelitian.

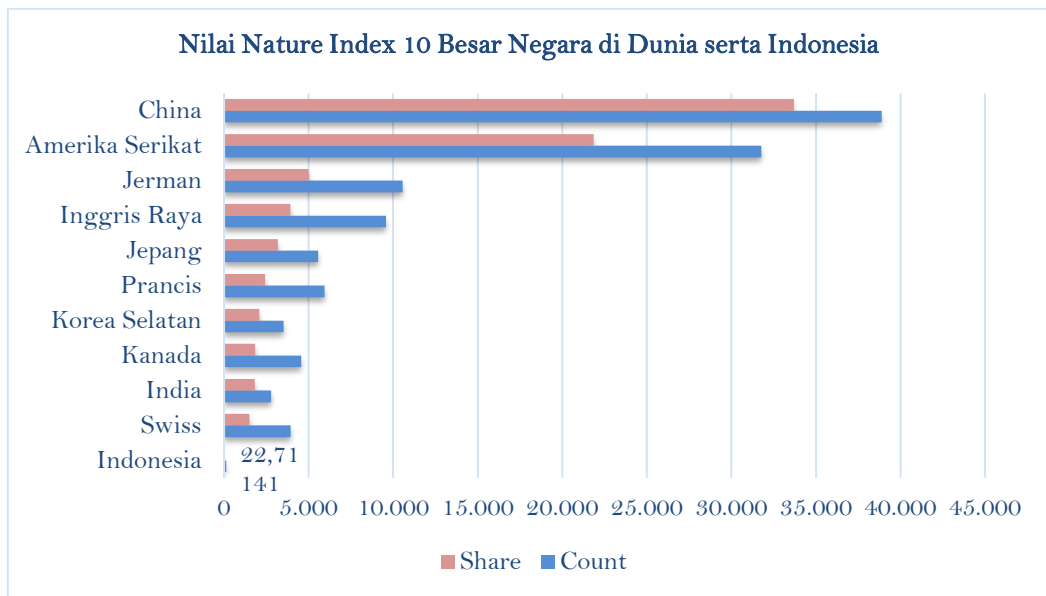
Informasi diekstraksi menggunakan formulir standar yang memetakan elemen kunci dari artikel ilmiah terpilih, seperti penulis, tahun publikasi, tujuan penelitian, metodologi, temuan utama, dan kesimpulan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi arah kebijakan, strategi, serta faktor penghambat dan peluang terkait optimalisasi riset sains dasar. Hasil analisis ini digunakan untuk merumuskan rekomendasi kebijakan yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu meningkatkan inovasi dan produktivitas melalui penguatan riset sains dasar di Indonesia. Proses penelusuran dan pengolahan data dibantu oleh teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk memastikan sistematika dan analisis yang lebih mendalam. Dengan pendekatan yang sistematis dan transparan, metode penelitian ini dirancang untuk memberikan dasar yang kuat bagi rekomendasi kebijakan yang berbasis bukti (*evidence-based policy*), sehingga dapat menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi pembangunan yang efektif.

III. Hasil, Analisis, dan Pembahasan

3.1. Urgensi Riset Sains Dasar dan Posisi Indonesia

Sains, teknologi, dan inovasi berperan sebagai landasan strategis dalam mendorong pertumbuhan ekonomi berbasis pengetahuan serta memperkuat daya saing suatu negara di kancah internasional (Powel et al. 2004; Porter, 1998). Sains dasar dan terapan berperan membawa suatu negara menuju kemajuan teknologi melalui inovasi serta *Research and Development* (R&D). Di antara indikator yang digunakan untuk mengukur kemajuan sains yaitu Nature Index, sebuah formula yang memperhitungkan jumlah artikel ilmiah yang dipublikasikan di jurnal terkemuka. Berdasarkan data pada Gambar 1. Perbandingan Nilai Nature Index Indonesia dengan 10 Negara Besar, dalam rentang waktu 1 Maret 2024 hingga 28 Februari 2025, Indonesia berada di peringkat 53 dari 187 negara dengan nilai *share* sebesar 22,71. Posisi pertama ditempati China dengan nilai *share* 33.700,87 diikuti oleh Amerika Serikat dan Jerman di posisi kedua dan ketiga dengan masing-masing nilai *share* sebesar 21.860,61 dan 4.992,93. Ketimpangan ini mencerminkan perlunya penguatan ekosistem riset sains di Indonesia agar mampu bersaing dalam lanskap ilmu pengetahuan global serta berkontribusi pada upaya menjadi negara maju pada dua dekade yang akan datang.

Dalam skala global, dinamika beberapa tahun terakhir menunjukkan adanya pergeseran supremasi sains dan teknologi dari Amerika Serikat menuju China (Kompas, 2025a). Sejumlah studi menunjukkan adanya faktor investasi pada riset sains yang kemudian mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi. Di China, peningkatan proporsi investasi pada riset sains dasar terbukti berdampak positif terhadap efisiensi pertumbuhan ekonomi regional, meskipun pola pengaruhnya membentuk kurva “U terbalik” (Jiang et al, 2022). Hal ini menunjukkan pentingnya perencanaan kebijakan yang cermat agar investasi tersebut memberikan dampak optimal, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia yang tingkat investasinya masih relatif rendah. Kebijakan yang mendorong riset sains dasar sekaligus memperkuat kolaborasi dengan sektor swasta, sebagaimana diusulkan oleh Ackigit (2020), dapat menjadi model yang relevan untuk meningkatkan kesejahteraan publik. Selain memperluas manfaat sosial, pendekatan ini juga memastikan bahwa riset sains dasar berkontribusi pada pengembangan industri berteknologi tinggi.

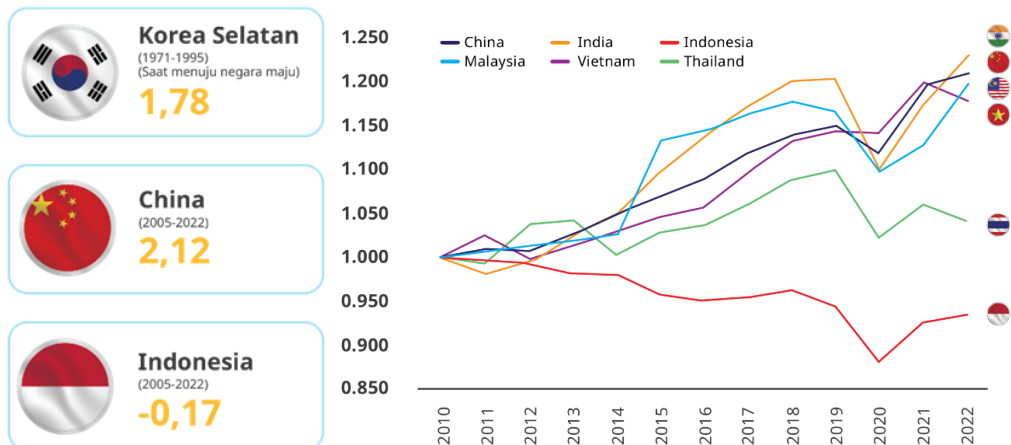


Gambar 1. Perbandingan Nilai Nature Index Indonesia dengan 10 Negara Besar (periode 1 Maret 2024 s.d 28 Februari 2025).

Sumber: <https://www.nature.com/nature-index/country-outputs/>.

Nilai *count* menunjukkan jumlah artikel yang diterbitkan atau merujuk pada jumlah total artikel ilmiah dari suatu negara (atau institusi) yang diterbitkan di jurnal-jurnal terpilih. Nilai *share* adalah jumlah kontribusi yang disesuaikan berdasarkan jumlah penulis dan afiliasi negara/institusi atau merupakan pembobotan kontribusi terhadap sebuah artikel ilmiah.

Tingkat produktivitas Indonesia sendiri masih tergolong rendah di tengah persaingan global yang semakin meningkat. Berdasarkan laporan *Asian Productivity Organization* (2024) pada Gambar 2. Rata-Rata Pertumbuhan *Total Factor Productivity* (TFP) Index Antar negara dan TFP Index, rata-rata produktivitas Indonesia yang tercermin dari *Total Factor Productivity* (TFP) Indonesia selama tahun 2005-2022 tumbuh negatif sebesar 0,17. Capaian tersebut relatif tertinggal dibandingkan Korea Selatan yang mampu mencapai 1,78 ketika masih berada pada posisi menuju negara maju periode 1971-1995 dan China sebesar 2,12 selama kurun waktu 2005-2022. Kondisi ini di antaranya disebabkan oleh kualitas sumber daya manusia yang masih tertinggal, terlebih pada perempuan, produktivitas sektor ekonomi yang rendah, kapasitas ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi yang tertinggal, serta kelembagaan seperti sistem insentif, regulasi, dan kepastian hukum yang masih lemah. Rendahnya produktivitas tenaga kerja perempuan dipengaruhi oleh lingkungan kerja yang belum mendukung mereka untuk masuk dan bertahan di pasar kerja. Selain itu, terdapat norma sosial budaya yang membebankan peran pengasuhan dan tugas domestik pada perempuan, jam kerja yang kurang fleksibel, serta minimnya akses layanan *daycare* berkualitas yang terjangkau.



Gambar 2. Rata-Rata Pertumbuhan *Total Factor Productivity* (TFP) Index Antarnegara (kiri); dan TFP Index 2010-2022 (2010 = 1,0).

Sumber: *Asian Productivity Organization* (2024)

Studi Wen et al (2023) mengidentifikasi bahwa insentif bagi perusahaan untuk berinvestasi dalam riset sains dasar masih kurang. Di sisi lain, keterbatasan talenta serta kurangnya kolaborasi antara industri, universitas, dan lembaga penelitian juga turut menjadi kendala. Oleh karena itu, kebijakan yang mendorong partisipasi perusahaan dalam riset sains dasar, seperti peningkatan subsidi R&D dan pembangunan infrastruktur penelitian bersama dapat menjadi langkah strategis. Selain itu, pengalaman Prancis menunjukkan bahwa subsidi penelitian yang seragam antara riset sains dasar dan riset terapan dapat menyebabkan misalokasi sumber daya, sehingga kebijakan yang lebih terarah pada riset sains dasar perlu dipertimbangkan (Ackigit, 2020).

Sementara itu, Paraguay telah berhasil meningkatkan kapasitas riset sains dasar melalui dua program utama yaitu PRONII (*Programa Nacional de Incentivo al Investigador*) yang mendukung perkembangan karier peneliti. Selain itu, Paraguay juga memiliki program PROCENCIA (*Programa de Innovación en Empresas Paraguayas*) yang memfasilitasi inovasi di sektor industri. Kedua program ini menunjukkan hasil positif, seperti peningkatan jumlah publikasi dan alokasi anggaran. Namun, tantangan seperti rendahnya insentif untuk karier akademik dan kurangnya pengalaman dalam penelitian masih menjadi penghambat. Hal ini menegaskan pentingnya kebijakan nasional yang mencakup pelatihan peneliti, pengembangan prosedur standar, dan diseminasi hasil penelitian (Donna, 2023). Secara global, riset sains dasar juga memiliki peran penting dalam mendukung inovasi di industri kompleks dan berteknologi tinggi. Namun, investasi nasional dalam riset sains dasar sering kali terlalu terkonsentrasi di negara-negara industri, sehingga diperlukan koordinasi internasional untuk mengurangi inefisiensi dan mendukung pemerataan manfaat riset. Kebijakan seperti *Bayh-Dole Act* di Amerika Serikat, yang mendorong komersialisasi hasil riset sains dasar dapat dijadikan contoh untuk meningkatkan dampak riset dasar terhadap inovasi dan produktivitas (Gersbach, 2023).

Riset sains dasar memiliki karakteristik jangka panjang serta menyeluruh dari jenjang rendah sampai tinggi, dengan hasil yang membutuhkan waktu puluhan tahun untuk diaplikasikan secara praktis. Fokus utamanya adalah mengungkap prinsip-prinsip fundamental yang menjadi basis bagi kemajuan sains terapan dan teknologi. Fakta historis menunjukkan bahwa penemuan seperti sinar-X, teori matematika abstrak, dan teknik PCR yang awalnya bersifat murni dan teoretis, kemudian berkembang menjadi inovasi revolusioner yang berdampak luas di bidang medis, industri, dan teknologi informasi (Rimnac & Leopold, 2014; Maymó-Gatell, 2005; Wong,

2014). Contoh lain yaitu Cisplatin yang pertama kali disintesis oleh Michele Peyrone pada tahun 1844. Namun, baru pada tahun 1972, senyawa ini ditemukan memiliki aktivitas anti kanker yang signifikan terhadap sel kanker dan bakteri *E. Coli*. Pada tahun 1979 atau 135 tahun kemudian, Cisplatin disetujui sebagai obat kemoterapi (Rosenberg et al, 1965; Kelland et al, 2007; Wheate, 2010). Sejarah perkembangan sains ini mencerminkan pentingnya riset jangka panjang dalam mengubah penemuan kimia dasar menjadi terapi klinis yang menyelamatkan jiwa. Oleh karena itu, dukungan berkelanjutan terhadap riset sains dasar sangat penting meskipun hasilnya tidak selalu langsung terlihat dalam jangka pendek.

Tabel 1. Contoh Riset Sains Dasar serta Hasil Inovasi dan Dampak merangkum sejumlah riset sains dasar yang menjadi fondasi penting bagi pengembangan riset terapan dan inovasi global. Penemuan prinsip kerja laser oleh Einstein dan Townes, proses Haber-Bosch untuk produksi amonia, pemahaman struktur DNA oleh Watson, Crick, dan Franklin, serta pengembangan transistor oleh Bardeen, Brattain, dan Shockley, menjadi contoh riset sains dasar yang telah mendorong kemajuan teknologi dan peningkatan produktivitas di berbagai sektor. Penemuan teknik PCR oleh Kary Mullis juga memperlihatkan bagaimana riset dasar dapat berkembang menjadi alat diagnostik vital di bidang medis dan pertanian.

Tabel 1. Contoh Riset Sains Dasar (Fisika, Kimia, Biologi) serta Hasil Inovasi dan Dampak

No	Riset sains dasar	Ilmuwan terkait	Inovasi & Dampak
1.	Laser (<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>)	Albert Einstein, Charles H. Townes, Alexander Prokhorov, dan Nikolay Basov	Industri manufaktur (pemotongan presisi, pengelasan), komunikasi (serat optik), dan kedokteran (operasi): Townes, C. H. (1999) dan Hecht, J. (2010)
2.	Proses Haber-Bosch (Sintesis Amonia)	Fritz Haber dan Carl Bosch	Pupuk berbasis amonia meningkatkan produksi pangan global, mendukung Revolusi Hijau: Smil, V. (2001) dan Erisman, J. W., et al. (2008)
3.	Penemuan Struktur DNA & Rekayasa Genetika	James Watson, Francis Crick, dan Rosalind Franklin	Rekayasa genetika menghasilkan tanaman transgenik (tahan hama/kekeringan), obat biologis (insulin), dan terapi gen: Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953) dan James, C. (2014)
4.	Transistor & Semikonduktor	Bardeen, Brattain, dan Shockley	Semikonduktor menjadi dasar komputasi modern, otomatisasi industri, dan IoT: Riordan, M., & Hoddeson, L. (1997) dan OECD (2021)
5.	PCR (Polymerase Chain Reaction)	Kary Mullis	PCR digunakan dalam diagnostik medis (COVID-19), forensik, dan pertanian: Mullis, K. B. (1990) dan Saiki, R. K., et al. (1988)

3.2. Arah Kebijakan Riset Sains Dasar

Indonesia telah menunjukkan komitmen terhadap penguatan riset sains dasar melalui berbagai kebijakan strategis. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025-2045 dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025-2029 menekankan pentingnya riset sains dasar untuk meningkatkan inovasi dan produktivitas nasional. Dalam RPJPN 2025-2045, kebijakan dalam setiap agenda transformasi diarahkan melalui riset dan inovasi sebagai landasan untuk peningkatan produktivitas. Pemerintah menargetkan peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM) dan pengembangan ilmu pengetahuan dan

teknologi (Iptek). Arah kebijakan ilmu pengetahuan dan teknologi serta inovasi (iptekin) dalam mendukung transformasi ekonomi mencakup:

- a. Peningkatan anggaran iptekin nasional menuju komersialisasi oleh industri, melalui percepatan peningkatan alokasi anggaran pemerintah untuk penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan (litbangjirap), termasuk pengembangan dana abadi untuk litbangjirap serta peningkatan proporsi kontribusi swasta, serta mendorong pengembangan industri menuju komersialisasi;
- b. Penguatan budaya, iklim, dan karakter ilmiah sejak usia dini (*scientific temper*);
- c. Pengembangan regulasi yang adaptif terhadap perkembangan ekonomi dan teknologi yang berubah sangat pesat;
- d. Penguatan peran dan kapasitas pusat penelitian dan pengabdian masyarakat di perguruan tinggi atau lembaga iptek;
- e. Reformasi kelembagaan melalui desentralisasi secara bertahap serta pelibatan industri dalam rancangan proses bisnis iptek dan inovasi;
- f. Pengembangan skema rekrutmen dan insentif baru untuk peningkatan kualitas SDM iptekin, antara lain melalui peningkatan beasiswa pemerintah secara masif sesuai bidang prioritas, yang diutamakan bagi calon dan peneliti bertalenta STEAM, dukungan untuk menjadi asisten peneliti dalam berbagai lembaga riset internasional, serta pengembangan talenta unggul nasional;
- g. Optimalisasi pemanfaatan iptek secara masif di berbagai bidang melalui pengembangan ekosistem iptekin berjenjang di setiap daerah dan penguatan skema transfer teknologi, serta peningkatan jumlah paten oleh penduduk domestik yang didukung antara lain oleh skema diskon pajak;
- h. Pemberian insentif fiskal dan non fiskal yang efektif bagi pelaku usaha dan peneliti perorangan dalam melaksanakan pendidikan pelatihan, riset dan inovasi; serta
- i. Peningkatan kerja sama riset dan inovasi perguruan tinggi, pemerintah, swasta domestik dan internasional termasuk kerja sama riset dan publikasi bersama pakar dan lembaga riset di tingkat global.

Selanjutnya, Asta Cita Presiden sebagai prioritas nasional dalam RPJMN 2025-2029 butir keempat mengarahkan Indonesia lima tahun ke depan untuk Memperkuat pembangunan sumber daya manusia (SDM), sains, teknologi, pendidikan, kesehatan, prestasi olahraga, kesetaraan gender, serta penguatan peran perempuan, pemuda (generasi milenial dan generasi Z), dan penyandang disabilitas. Sesuai Tabel 2. Cascading Kebijakan terkait Pengembangan STEAM dan Riset Sains dalam RPJMN 2025-2020, untuk mencapai Prioritas Nasional keempat dalam konteks pengembangan STEAM dan riset sains dasar, sasaran pembangunan telah ditetapkan dan indikatornya mencakup terwujudnya pendidikan berkualitas yang merata dengan indikator rata-rata nilai PISA (sains) sebesar 426 pada tahun 2029, serta menguatnya Iptek, inovasi dan produktivitas tenaga kerja dengan indikator peringkat Indeks Inovasi Global sebesar 49 pada tahun 2029. Dalam rangka mewujudkan sasaran pembangunan tersebut, ditetapkan beberapa arah kebijakan yaitu: (1) Penguatan pendidikan tinggi berkualitas yang merata dan pengembangan *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics* (STEAM); (2) Peningkatan kontribusi IPTEK dan inovasi dalam pembangunan nasional; serta (3) Pengembangan Manajemen Talenta Nasional (MTN).

Dalam mencapai arah kebijakan penguatan pendidikan tinggi berkualitas yang merata dan pengembangan Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) dilakukan intervensi kebijakan melalui pengembangan STEAM dengan proyek prioritas berupa pengembangan kurikulum dan pembelajaran berbasis STEAM. Sementara itu, pada pencapaian

arah kebijakan peningkatan kontribusi IPTEK dan inovasi dalam pembangunan nasional, dilakukan tiga intervensi kebijakan. Pertama, penguatan kapasitas Iptek dan inovasi melalui proyek prioritas berupa SDM Iptek yang mengikuti pendidikan S3 serta SDM Iptek dan inovasi yang mengikuti program peningkatan kapasitas yang mendukung kegiatan Iptek dan inovasi. Kedua, peningkatan fungsi intermediasi dan layanan pemanfaatan Iptek dan Inovasi dengan proyek prioritas berupa pengembangan kapasitas lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat, serta pengabdian masyarakat berbasis pemanfaatan Iptek dan inovasi. Ketiga, optimalisasi pemanfaatan Iptek dan inovasi secara masif di berbagai bidang termasuk pengawasan ketenaganukliran dengan proyek prioritas berupa pemanfaatan riset bidang pangan dan pemanfaatan riset bidang energi.

Untuk mencapai arah kebijakan pengembangan Manajemen Talenta Nasional (MTN) ditetapkan intervensi kebijakan melalui pengembangan Manajemen Talenta Nasional (MTN) riset dan inovasi dengan proyek prioritas yaitu memperkuat pembinaan serta fasilitas talenta riset dan inovasi, serta meningkatkan sinergi pendanaan dan tata kelola kelembagaan riset dan inovasi. Cascading arah kebijakan Prioritas Nasional 4 terkait pengembangan STEAM dan riset sains dasar dilampirkan dalam Tabel 2.

Selain itu, Indonesia telah memiliki Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) Tahun 2017-2045 yang berfungsi sebagai dokumen perencanaan sektor riset secara nasional dan menjadi acuan utama dalam penyusunan peta jalan riset di berbagai institusi. RIRN disusun untuk menyelaraskan kebutuhan riset jangka panjang dengan arah pembangunan nasional, mengintegrasikan langkah-langkah terpadu antar kementerian dan lembaga, serta mensinergikan seluruh kekuatan riset di Indonesia agar hasilnya optimal di tengah keterbatasan sumber daya. Dokumen ini dirancang dengan pendekatan holistik dan lintas institusi, serta menetapkan fokus riset yang mendukung pencapaian visi Indonesia 2045 yang berdaya saing dan berdaulat berbasis riset. Selain itu, RIRN juga menjadi dasar hukum yang diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 38 Tahun 2018, sehingga menjadi pedoman strategis bagi pengembangan riset dan inovasi di tingkat nasional dan institusi terkait.

PN 04 - Memperkuat pembangunan sumber daya manusia (SDM), sains, teknologi, pendidikan, kesehatan, prestasi olahraga, kesetaraan gender, serta penguatan peran perempuan, pemuda (generasi milenial dan generasi Z), dan penyandang disabilitas					
Target: 01 – Terwujudnya pendidikan berkualitas yang merata - Indikator: 01 – Rata-rata Nilai PISA (sains): 383 (2022) dan 426 (2029)					
04.06 PP: Penguatan Pendidikan Tinggi Berkualitas yang Merata dan Pengembangan <i>Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics</i> (STEAM)		04.08 PP: Peningkatan Kontribusi IPTEK dan Inovasi dalam Pembangunan Nasional		04.09 PP: Pengembangan Manajemen Talenta Nasional (MTN)	
Target: 01 – Meningkatkan penyelenggaraan pendidikan tinggi berkualitas yang merata dan berkembangnya STEAM di pendidikan tinggi - Indikator: 06 – Proporsi tenaga kerja lulusan pendidikan tinggi bidang STEAM: 28,13% (2023) dan 30,96% (2029)		Target: 01 – Meningkatkan proporsi anggaran iptek dan inovasi terhadap PDB untuk mendukung pembangunan nasional - Indikator: 01 – Pengeluaran iptek dan inovasi: 0,28% (2020) dan 0,45% dari PDB (2029) - Indikator: 02 – Proporsi anggaran litbang non pemerintah/swasta: 12,5% (2020) dan 35% (2029)		Target: 01 – Terwujudnya talenta riset inovasi, seni budaya, dan olahraga yang memperoleh rekognisi di tingkat nasional dan internasional Indikator: 01 – Jumlah SDM iptek yang mendapatkan rekognisi internasional: 95 orang (2024) dan 116 orang (2029)	
04.06.02 KP: Pengembangan STEAM		04.08.01 KP: Penguatan Kapasitas Iptek dan Inovasi		04.08.02 KP: Peningkatan Fungsi Intermediasi dan Layanan Pemanfaatan Iptek dan Inovasi	
Target: 01 – Meningkatkan bidang STEAM di perguruan tinggi - Indikator: 01 – Proporsi Program Studi STEM: 43,5% (2022) dan 53% (2029) - Indikator: 02 – Proporsi Program Studi STEM Terakreditasi Unggul: 14,9% (2022) dan 19,5% (2029)		Target: 01 – Meningkatkan kualitas SDM iptek dan inovasi Indikator: 01 – Jumlah SDM Iptek (Dosen, Peneliti, dan Perekayasa) per juta penduduk: 1.242 (2024) dan 1.371 (2029)		Target: 01 – Meningkatkan peran Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dalam mengelola iptek dan inovasi Indikator: 01 – Jumlah lembaga pengelola penelitian, inovasi dan pengabdian masyarakat yang ditingkatkan kapasitasnya (indikator baru, target 2029: 10)	
04.06.02 KP: Pengembangan STEAM		04.08.03 KP: Optimalisasi Pemanfaatan Iptek dan Inovasi secara masif di berbagai bidang termasuk pengawasan ketenagakuiliran		04.09.02 KP: Pengembangan Manajemen Talenta Nasional (MTN) Riset dan Inovasi	
Target: 01 – Meningkatkan bidang STEAM di perguruan tinggi - Indikator: 01 – Proporsi Program Studi STEM: 43,5% (2022) dan 53% (2029) - Indikator: 02 – Proporsi Program Studi STEM Terakreditasi Unggul: 14,9% (2022) dan 19,5% (2029)		Target: 01 – Meningkatkan pemanfaatan iptek dan inovasi produk hasil iptek dan inovasi strategis yang dimanfaatkan oleh pemerintah dan masyarakat pada bidang-bidang prioritas (indikator baru, target 2029: 115)		Target: 01 – Terciptanya SDM Iptek yang memiliki kompetensi tingkat internasional Indikator: 01 – Rasio SDM Iptek per 1 juta penduduk: 1.151 (2023) dan 1.721 (2029)	

▲	04.06.02.02 Pro-P: Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Berbasis STEAM	▲	04.08.01.01 Pro-P: SDM Iptek yang mengikuti pendidikan S3 04.08.01.02 Pro-P: SDM Iptek dan Inovasi yang mengikuti program peningkatan kapasitas yang mendukung kegiatan Iptek dan inovasi.	▲	04.08.02.01 Pro-P: Pengembangan Kapasitas Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat 04.08.02.02 Pro-P: Pengabdian Masyarakat Berbasis Pemanfaatan Iptek dan Inovasi	▲	04.08.03.01 Pemanfaatan Pangan 04.08.03.01 Pemanfaatan Energi	Pro-P: Riset Bidang Riset	Pro-P: Riset Bidang Riset	▲	04.09.02.02 Pro-P: Memperkuat pembinaan serta fasilitasi riset dan inovasi 04.09.02.04 Pro-P: Meningkatkan sinergi pendanaan dan tata kelola kelembagaan riset dan inovasi
---	---	---	---	---	---	---	--	---------------------------	---------------------------	---	---

Tabel 2. *Cascading* Kebijakan terkait Pengembangan STEAM dan Riset Sains dalam RPJMN 2025-2029

Sumber: RPJMN 2025-2029.

Keterangan: PN = Prioritas Nasional, PP = Program Prioritas, KP = Kegiatan Prioritas, dan Pro-P = Proyek Prioritas

3.3. Faktor Pendukung dan Penghambat

Pengalaman negara-negara maju dan berkembang dalam mengoptimalkan riset sains dasar memberikan wawasan berharga mengenai faktor pendukung dan penghambat yang dapat diadopsi oleh Indonesia. Di China, meskipun partisipasi perusahaan dalam riset sains dasar telah meningkat, tetapi masih terdapat kesenjangan signifikan dalam proporsi pengeluaran untuk riset sains dasar jika dibandingkan dengan Amerika Serikat dan Jepang. Wen et al (2023) mencatat bahwa rendahnya insentif bagi perusahaan untuk berinvestasi dalam riset sains dasar, keterbatasan talenta, dan minimnya kolaborasi antara industri, universitas, dan lembaga penelitian menjadi kendala utama. Meskipun total pengeluaran *Research and Development* (R&D) di China telah meningkat pesat, tetapi dampak riset sains dasar terhadap *total factor productivity* (TFP) masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan riset sains dasar perlu diarahkan untuk mendorong inovasi, terutama di sektor industri berteknologi tinggi dan kompleks (Zhou, 2024).

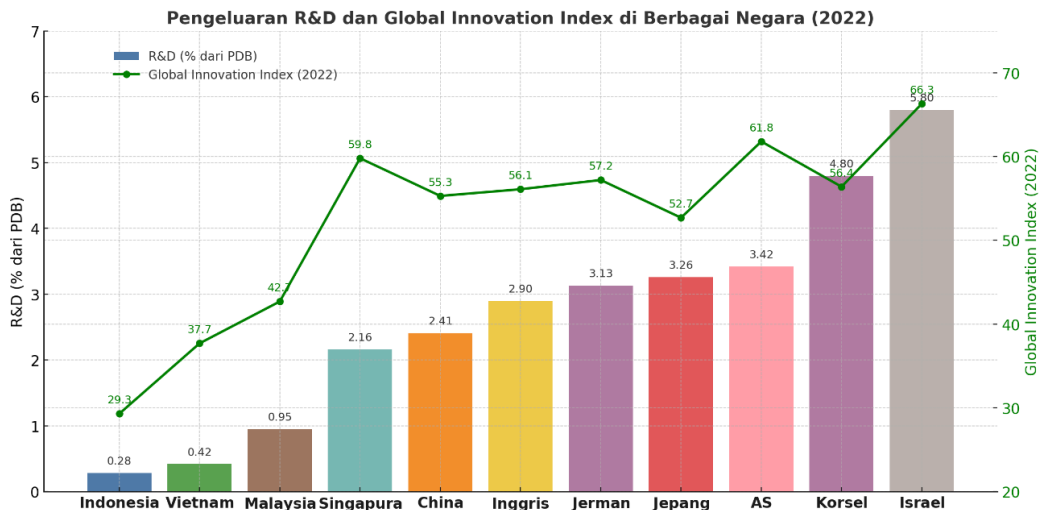
Di Paraguay, rendahnya insentif untuk karier akademik dan minimnya pengalaman dalam penelitian menjadi hambatan utama dalam meningkatkan kapasitas riset sains dasar (Donna, 2023). Indonesia dapat mengambil pelajaran dari kedua negara tersebut, antara lain dengan memperkuat insentif fiskal dan non-fiskal bagi perusahaan yang berinvestasi dalam riset sains dasar serta mendorong kolaborasi antar-sektor untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya dan infrastruktur penelitian yang ada. Sementara itu di Prancis, studi Ackigit (2020) menunjukkan bahwa subsidi penelitian yang seragam dapat menyebabkan misalokasi sumber daya, sementara riset terapan cenderung mendapatkan lebih banyak dukungan daripada riset sains dasar. Hal ini menggarisbawahi pentingnya kebijakan yang lebih terarah dan selektif dalam mendanai riset sains dasar. Indonesia dapat mengadopsi pendekatan serupa dengan merancang kebijakan subsidi yang lebih spesifik untuk mendukung proyek-proyek riset sains dasar yang memiliki potensi dampak tinggi terhadap inovasi dan produktivitas. Selain itu, pengembangan mekanisme evaluasi yang ketat untuk memastikan bahwa dana riset digunakan secara efisien juga perlu menjadi prioritas.

Studi empiris menunjukkan bahwa aktivitas R&D tidak hanya berpengaruh pada tingkat mikro (perusahaan) tetapi juga pada tingkat makro (negara). McMorow & Roger (2009) menunjukkan bahwa investasi dalam R&D memberikan kontribusi terukur terhadap peningkatan TFP suatu negara. Meta-analisis komprehensif terhadap studi-studi sejak 1980 menunjukkan hubungan positif yang konsisten antara investasi R&D dengan inovasi dan pertumbuhan ekonomi, meskipun terdapat variasi dalam metodologi dan konteks studi (Frontier Economics, 2023). Salah satu temuan penting adalah tingkat pengembalian (*rates of return*) dari investasi R&D secara konsisten lebih tinggi dibandingkan investasi pada modal fisik. Bernstein (1989) memperkirakan bahwa tingkat pengembalian R&D di tingkat industri berkisar antara 24% hingga 47%, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan modal fisik yang hanya berkisar antara 9% hingga 12%. Meskipun demikian, investasi R&D juga memiliki variabilitas lebih tinggi, yang mencerminkan sifatnya berisiko namun berpotensi memberikan imbal hasil besar. Studi fungsi biaya juga menunjukkan bahwa modal R&D dan modal fisik cenderung bersifat komplementer daripada substitutif, yang mengimplikasikan bahwa investasi pada kedua bentuk modal tersebut saling memperkuat (McMorow & Roger, 2009).

Penelitian Griffith et al. (2004) terhadap negara-negara OECD menegaskan bahwa R&D memiliki pengaruh langsung pada TFP (McMorow & Roger, 2009). Studi lebih lanjut juga menunjukkan bahwa efektivitas insentif seperti kredit pajak R&D sangat tergantung pada karakteristik sektor industri. Sektor dengan peluang teknologi tinggi dan efek limpahan besar lebih responsif terhadap kebijakan tersebut (Negassi, 2019). Oleh karena itu, kebijakan R&D yang

efektif perlu mempertimbangkan heterogenitas antarindustri dan menyesuaikan instrumen insentif sesuai dengan karakteristik spesifik masing-masing sektor.

Kapasitas ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi (IPTEKIN) untuk mencapai Visi Indonesia Emas 2045 sangat penting untuk meningkatkan daya saing bangsa melalui peningkatan efisiensi dan penciptaan produk-produk berkualitas dan berteknologi tinggi. Namun, peningkatan kapasitas ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi masih dihadapkan pada lemahnya komitmen pemerintah, terutama dari segi anggaran. Alokasi anggaran R&D Indonesia (0,28%) pada Tahun 2020 sesuai pada Gambar 3. Pengeluaran R&D (%PDB) dan Global Innovation Index (2020) merupakan yang terendah di antara negara-negara ASEAN antara lain Vietnam (0,42%), Malaysia (0,95%), dan Singapura (2,16%). Sementara itu, jika dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Jerman, Jepang, Amerika Serikat, dan Korea Selatan mengalokasikan lebih dari 3% PDB untuk R&D, sementara Israel bahkan mencapai 5,8%. Studi lintas negara menunjukkan bahwa peningkatan anggaran R&D secara signifikan terkait dengan pertumbuhan ekonomi, khususnya di negara berkembang. Hasil analisis oleh Kahn (2023) menunjukkan bahwa alokasi anggaran R&D berdampak positif terhadap pertumbuhan PDB. Temuan ini mendukung teori bahwa R&D merupakan motor utama pengembangan teknologi dan pertumbuhan ekonomi jangka panjang. Temuan ini konsisten dengan meta-analisis lebih dari 60 studi empiris yang menunjukkan bahwa respons kebijakan R&D sangat tergantung pada sektor yang ditargetkan.



Gambar 3. Pengeluaran R&D (% PDB) dan Global Innovation Index (Tahun 2020).

Sumber: Diolah dari UNESCO Institute for Statistics (2020) dan World Intellectual Property Organization (2020)

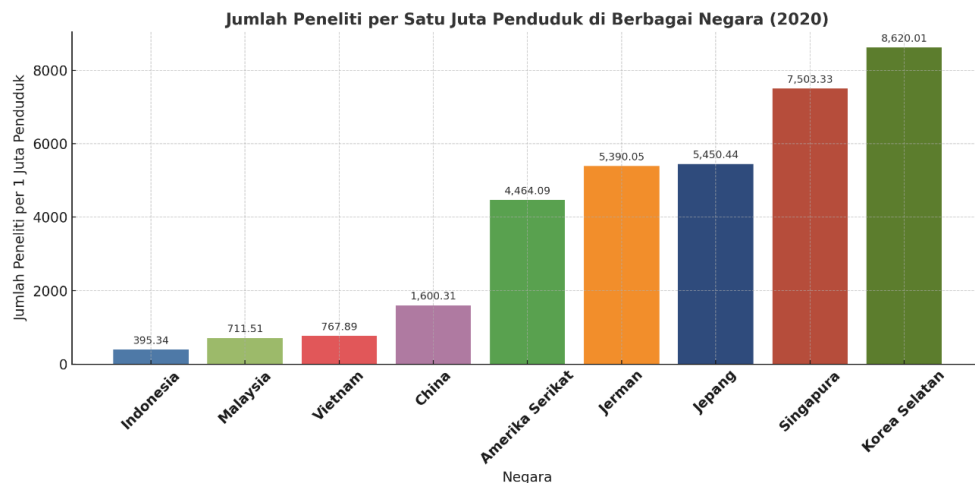
Berdasarkan analisis perbandingan antara pengeluaran R&D terhadap PDB dan skor Global Innovation Index (GII) dari beberapa negara *peers* pada Gambar 3. Pengeluaran R&D (%PDB) dan Global Innovation Index (Tahun 2020), menunjukkan posisi Indonesia yang tertinggal. Dengan anggaran R&D hanya 0,28% dari PDB dan skor GII sebesar 29,3, Indonesia berada jauh di bawah negara seperti Israel (5,8%, GII 66,3), Korea Selatan (4,8%, GII 56,4), dan Amerika Serikat (3,42%, GII 61,8) yang menunjukkan korelasi kuat antara investasi riset dan daya inovasi nasional. Bahkan negara tetangga seperti Malaysia (0,95%, GII 42,7) dan Vietnam (0,42%, GII 37,7) menunjukkan kinerja yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan investasi dalam riset dan pengembangan (R&D) merupakan elemen penting untuk mendorong daya saing inovasi nasional dan mendekatkan diri pada standar negara-negara dengan ekosistem inovasi

yang lebih maju. Penelitian oleh Bate (2023) dan Sofrankova (2018) menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1% pengeluaran R&D terhadap PDB berkorelasi dengan peningkatan 0,25 – 0,47 poin skor GII, tergantung pada kualitas institusi dan kapasitas teknologi. Studi Dobrovolska (2023) menambahkan bahwa peningkatan kontribusi R&D dari sektor bisnis memberikan dampak positif terhadap skor GII, sementara pendanaan pemerintah yang terfragmentasi justru berdampak negatif. Di Indonesia, sekitar 78% pendanaan R&D masih berasal dari pemerintah (2022), yang menjelaskan lemahnya dampak R&D terhadap hasil inovasi.

Pengalaman Paraguay dalam mengembangkan riset sains dasar melalui program PRONII dan PROCENCIA ini menjadi bukti nyata pentingnya kebijakan riset yang terpusat dan terkoordinasi. Program-program tersebut tidak hanya meningkatkan alokasi anggaran untuk riset sains dasar, tetapi juga berhasil mendorong peningkatan jumlah publikasi ilmiah (Donna, 2023). Demikian pula, China memperlihatkan bahwa peningkatan modal manusia dan infrastruktur penelitian menjadi kunci dalam mengoptimalkan dampak investasi riset sains dasar terhadap pertumbuhan regional (Jiang et al., 2022). Indonesia dapat meniru model ini dengan mengembangkan program nasional yang mendukung riset sains dasar, termasuk pelatihan peneliti, pengembangan prosedur standar, dan diseminasi hasil penelitian. Namun, tantangan seperti rendahnya insentif karier akademik dan minimnya pengalaman riset tetap perlu diatasi melalui kebijakan terintegrasi.

Kuantitas dan kualitas SDM peneliti di Indonesia juga masih jauh dari memadai. Sesuai Gambar 4. Jumlah Peneliti Per Satu Juta Penduduk, hanya terdapat sekitar 395 peneliti per satu juta penduduk di Indonesia pada tahun 2020, jauh lebih rendah dari Vietnam (767), Malaysia (711), apalagi dibandingkan Singapura (7.503) dan Korea Selatan (8.620). Di sisi lain masih banyaknya peneliti memilih untuk menjadi peneliti di negara lain dikarenakan tidak mendapat dukungan yang cukup dari pemerintah. Berikutnya, ekosistem riset dan inovasi masih lemah, hasil riset tidak aplikatif karena masih lemahnya kerja sama lembaga riset dan industri, serta masih terbatasnya kerja sama lembaga riset domestik dan internasional. Kondisi ini juga terlihat dari jumlah paten yang diajukan Indonesia hanya sebanyak 1.445, jauh tertinggal dari Malaysia (1.863), Singapura (9.766), dan Korea Selatan (267.527) pada tahun 2021. Sementara dari sisi H-Indeks, Indonesia baru mencapai 284, relatif tertinggal dibandingkan Malaysia (415), Singapura (697), dan Korea Selatan (810). Selain itu, beberapa persoalan lain juga masih harus diatasi Indonesia seperti belum berkembangnya kesadaran ilmiah (*scientific temper*). Adigunarsa et al. (2022) menyatakan bahwa negara dengan kepadatan peneliti yang tinggi menunjukkan tingkat inovasi dan produktivitas yang lebih baik. Peneliti yang banyak dan berkualitas memungkinkan terciptanya *spillover* teknologi dan peningkatan efisiensi produksi. Oleh karena itu, pengembangan SDM peneliti menjadi kunci untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan daya saing inovasi.

Secara global, riset sains dasar masih didominasi oleh negara industri, yang menyebabkan inefisiensi dalam alokasi sumber daya (Gersbach, 2023). Koordinasi internasional seperti yang tercermin dalam kebijakan *Bayh-Dole Act*, dapat menjadi model untuk memperkuat kontribusi riset sains dasar terhadap inovasi dan produktivitas. Indonesia dapat memanfaatkan peluang kerja sama internasional untuk mengakses infrastruktur riset mutakhir dan mempercepat pengembangan kapasitas riset nasional.



Gambar 4. Jumlah Peneliti Per Satu Juta Penduduk di Berbagai Negara Tahun 2020

Sumber: Diolah dari UNESCO Institute for Statistics (2020)

IV. Kesimpulan dan Rekomendasi

4.1. Kesimpulan

Optimalisasi riset sains dasar terbukti memainkan peran fundamental dalam mendorong inovasi dan meningkatkan produktivitas nasional. Studi lintas negara menunjukkan bahwa investasi dalam riset sains dasar tidak hanya memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan penciptaan teknologi baru, tetapi juga memperkuat daya saing bangsa melalui peningkatan kapasitas ilmu pengetahuan dan sumber daya manusia. Negara-negara seperti China, Prancis, dan Paraguay menunjukkan bahwa keberhasilan dalam penguatan riset sains dasar sangat bergantung pada kebijakan yang selektif, terarah, serta adanya insentif yang kuat bagi dunia usaha dan akademik.

Indonesia saat ini menghadapi tantangan struktural dalam pengembangan riset sains dasar, termasuk rendahnya alokasi anggaran, keterbatasan jumlah peneliti, kurangnya kesejahteraan peneliti, *brain drain* peneliti, kurangnya minat generasi muda ke jurusan STEAM, lemahnya kolaborasi lintas sektor, serta kurangnya insentif bagi sektor swasta untuk terlibat. Selain itu, dominasi pendanaan oleh sektor pemerintah yang belum efektif menyebabkan rendahnya daya dorong terhadap output inovasi. Dengan rasio belanja R&D hanya 0,28% dari PDB dan skor GII sebesar 29,3 pada tahun 2020, Indonesia berada jauh di bawah negara-negara dengan ekosistem inovasi yang lebih maju.

Pengalaman internasional menunjukkan bahwa peningkatan investasi dalam riset sains dasar, jika didukung oleh desain kebijakan yang tepat dan berbasis bukti, dapat memberikan hasil nyata dalam memperkuat struktur ekonomi dan memacu pertumbuhan jangka panjang. Oleh karena itu, dibutuhkan langkah konkret untuk mereformasi kebijakan riset dan inovasi nasional secara menyeluruh.

4.2. Saran

Berdasarkan temuan penelitian beberapa rekomendasi yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut:

a. Peningkatan Alokasi Anggaran Riset Sains Dasar Secara Bertahap dan Terukur

Pemerintah perlu meningkatkan rasio belanja R&D, khususnya untuk riset sains dasar, hingga minimal 1% dari PDB dalam jangka menengah. Alokasi anggaran harus diarahkan secara proporsional ke sektor-sektor strategis dengan potensi limpahan teknologi tinggi.

b. Penerapan Skema Insentif Spesifik untuk Dunia Usaha dan Akademisi

Skema seperti *matching grant*, potongan pajak (R&D *tax incentives*), dan hibah kompetitif perlu diperkuat untuk mendorong partisipasi sektor swasta dan akademik dalam riset sains dasar. Insentif ini perlu disesuaikan dengan karakteristik industri dan potensi inovasi sektor terkait.

c. Penguatan Kapasitas dan Distribusi Peneliti Nasional

Perluasan program beasiswa berbasis riset, renumerasi berbasis keadilan sosial, peningkatan pelatihan peneliti, dan pembentukan program karier peneliti berbasis kompetensi dapat meningkatkan jumlah dan kualitas SDM riset. Target rasio minimal 1.500 peneliti per satu juta penduduk pada 2035 perlu ditetapkan.

d. Pengembangan Ekosistem Kolaboratif antara Lembaga Litbang, Industri, dan Perguruan Tinggi

Pembentukan pusat-pusat riset bersama (*joint research centers*), penguatan kerja sama internasional, dan pemanfaatan infrastruktur riset nasional secara terbuka dapat menjembatani kesenjangan antara riset dan komersialisasi hasil inovasi.

e. Reformasi Kelembagaan dan Mekanisme Tata Kelola Riset Nasional

Diperlukan tata kelola yang lebih terintegrasi melalui peran pengarah riset nasional yang kuat dan sistem evaluasi berbasis kinerja (*performance-based*). Setiap program riset perlu dikaitkan langsung dengan indikator output dan outcome yang terukur, baik secara ilmiah maupun ekonomi.

Daftar Pustaka

- Adigunarno, A., et al. (2022). Pengaruh R&D intensity terhadap produktivitas dan inovasi: Studi lintas negara. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 20(2).
- Akcigit, U., Hanley, D., & Serrano-Velarde, N. (2020). Back to basics: Basic research spillovers, innovation policy and growth.
- Bappenas. (2024). Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045. Kementerian PPN/Bappenas RI. <https://indonesia2045.go.id/aspirasi>
- Bappenas. (2025). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029. Kementerian PPN/Bappenas RI. <https://rpjmn.bappenas.go.id/dokumen>
- Bate, A. F., Wachira, E. W., & Danko, S. (2023). The determinants of innovation performance: An income-based cross-country comparative analysis using the Global Innovation Index (GII). Figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.6590777.v1>
- Cabrera et al. (2023) The Steps to Doing a Systems Literature Review (SLR) *Journal of Systems Thinking*. (23) 3.

- Coccia, M., & Roshani, S. (2024). Research funding and citations in papers of Nobel Laureates in Physics, Chemistry and Medicine, 2019–2020. *Journal of Data and Information Science*, 9(2), 56–80. <https://doi.org/10.2478/jdis-2024-0006>
- Donna, M. L. G., León, M. L. C., Colas, C. G., Gunsett, A. P., Maniero, S. F., Osuna, D. O., et al. (2023). Breaking the unvirtuous cycle: Barriers and opportunities for research and development in Paraguay. A case study. *Frontiers in Medicine*, 10, 1266246. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1266246>
- Dobrovolska, O., Sonntag, R., Masiuk, Y., Bahorka, M., & Yurchenko, N. (2023). Is increasing a share of R&D expenditure in GDP a factor in strengthening the level of innovation development in Ukraine compared with GII's top countries? *Problems and Perspectives in Management*, 21(4), 713–723. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(4\).2023.53](https://doi.org/10.21511/ppm.21(4).2023.53)
- Frontier Economics. (2023). Rate of return to investment in R&D: A report for the Department for Science, Innovation and Technology.
- Gersbach, H., Schetter, U., & Schmassmann, S. (2023). From local to global: A theory of public basic research in a globalized world.
- Hamidah, H., et al. (2025). Interpretive structural model to enhance research productivity in Indonesia based on the science and technology index. *Journal of Engineering Science and Technology*.
- INSEAD. (2023). Global Talent Competitiveness Index (GTCI) 2023. <https://www.insead.edu/gtci>
- Jaffe K, Caicedo M, Manzanares M, Gil M, Rios A, et al. (2013) Productivity in Physical and Chemical Science Predicts the Future Economic Growth of Developing Countries Better than Other Popular Indices. *PLoS ONE* 8(6): e66239. doi:10.1371/journal.pone.0066239
- Jiang, Y., Xu, B., Fang, L., Sun, B., Hu, L., et al. (2022). Basic research investment, innovation capability improvement, and economic growth efficiency. *PLOS ONE*, 17(12), e0278943. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278943>
- Kelland, L. (2007). The resurgence of platinum-based cancer chemotherapy. *Nature Reviews Cancer*, 7(8), 573–584. <https://doi.org/10.1038/nrc2167>
- Khan, F. (2023). R&D expenditures and economic growth: A panel data analysis for selected developing economies.
- Kompas. (2025a). Melompat Jadi Negara Maju melalui Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang Berdampak. Kompas edisi 2 Mei 2025. <https://www.kompas.id/artikel/diktisaintek-berdampak-berikan-solusi-nyata-ke-masyarakat>
- Kompas. (2025b). Perebutan Supremasi Sains dan Teknologi. Kompas edisi 3 Juni 2025. <https://www.kompas.id/artikel/perebutan-supremasi-sains-dan-teknologi>
- Kompas. (2025c). Riset Diarahkan untuk Kebutuhan Industri. Kompas edisi 1 Agustus 2025. <https://www.kompas.id/artikel/harmonisasikan-perguruan-tinggi-dan-industri-untuk-dukung-kemajuan>
- Marchiori, C., & Minelli, E. (2023). Talent, basic research and growth. *Journal of Economic Theory*.
- McMorrow, K., & Röger, W. (2009). R&D capital and economic growth: The empirical evidence. *EIB Papers*, 14(1), 94–118.
- Negassi, S., & Sattin, J.-F. (2019). Evaluation of public R&D policy: A meta-regression analysis.

- OECD. (2023). OECD science, technology and innovation outlook 2023: Enabling transitions in times of disruption. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/0b55736e-en>
- Porter, M. E. On Competition. Updated and Expanded Ed. Boston: Harvard Business School Publishing, 2008.
- Powell, W. W., & Snellman, K. (2004). The Knowledge Economy. *Annual Review of Sociology*, 30, 199–220. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.29.010202.100037>
- Rimnac, C. M., & Leopold, S. S. (2014). Editorial: Basic science, applied science, and product testing.
- Rosenberg, B., Van Camp, L., & Krigas, T. (1965). Inhibition of Cell Division in *Escherichia coli* by Electrolysis Products from a Platinum Electrode. *Nature*, 205(4972), 698–699. <https://doi.org/10.1038/205698a0>
- Laverde-Rojas, H., Correa, J.C. Can scientific productivity impact the economic complexity of countries?. *Scientometrics* 120, 267–282 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03118-8>
- Sofrankova, B., Kiselakova, D., Cabinova, V., & Onuferova, E. (2018). The importance of research and development spending in the context of global competitiveness and the innovation potential of the V4 countries. *Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics*, 2018, Article ID 916196. <https://doi.org/10.5171/2018.916196>
- NY Times. (2014). Xi Urges Greater Innovation in ‘Core Technologies’. <https://archive.nytimes.com/sinosphere.blogs.nytimes.com/2014/06/10/xi-urges-greater-innovation-in-core-technologies/>. Diakses pada 27 Mei 2025.
- UNESCO Institute for Statistics. (2023). Research and development expenditure (% of GDP). <http://data.uis.unesco.org/> (Accessed: 25 February 2025)
- Wen, K., Zhang, N., Li, Z., & You, D. (2023). Accelerating efforts to improve policy system to support basic research in enterprises. *Bulletin of Chinese A Sciences*, 38(4), Article 9.
- Wheate, N. J., Walker, S., Craig, G. E., & Oun, R. (2010). The status of platinum anticancer drugs in the clinic and in clinical trials. *Dalton Transactions*, 39(35), 8113–8127. <https://doi.org/10.1039/C0DT00292E>
- World Bank. (2020). The promise of education in Indonesia. World Bank.
- World Bank. (2021). Research and development expenditure (% of GDP) – China. World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Accessed: 25 February 2025)
- Wong, S. T. C. (2014). On translating technology research into industrial applications.
- Xiao, F., & Wang, J. (2023). For future investment: Empirical study on enterprise participant in basic research in the process of digital transformation.
- Zhou, Y., & Dahal, S. (2024). Has R&D contributed to productivity growth in China? The role of basic, applied and experimental R&D.