

Quantitative Descriptive Analysis of Early Childhood Science Literacy Abilities: A Review of Vygotsky, Piaget, and Bronfenbrenner Theories

Masyunita Siregar¹, Asep Supena², Indah Sri Pujiastuti³

Doktor Pendidikan Anak Usia Dini, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia^{1,2,3}

Article Information

Submitted : May 12, 2026

Reviewed : June 19, 2026

Published : July 14, 2026

Keyword

Early Childhood

Science Literacy

Ecological Systems Theory

Cognitive Development

Sociocultural Theory

Multiperspective Analysis

Correspondence Email

masyunita14@gmail.com

ABSTRACT

Science literacy in early childhood is a fundamental competency that develops progressively through the interaction of cognitive, sociocultural, and ecological factors. This study aimed to describe the science literacy competencies of children aged 5–6 years and to interpret their developmental patterns from the integrated perspectives of Piaget, Vygotsky, and Bronfenbrenner. A descriptive quantitative approach was employed, involving 32 early childhood education (PAUD/TK) teachers in Padang Lawas Regency. Data were collected using a science literacy assessment instrument and analyzed through descriptive statistics, including means, standard deviations, frequency distributions, and percentages, across six science literacy indicators: observing, classifying, questioning, predicting, exploring, and communicating findings. The results indicated that the overall level of children's science literacy was categorized as good ($M = 2.75$, on a 4-point scale). The highest score was obtained for the ability to classify and compare objects ($M = 3.28$, very good), whereas the lowest scores were found in making simple predictions ($M = 2.25$, fair) and communicating observation results ($M = 2.44$, fair). From a multiperspective theoretical analysis, these developmental patterns can be understood through the complementary contributions of Piaget's cognitive development theory, Vygotsky's sociocultural theory, and Bronfenbrenner's ecological systems theory. Furthermore, the local natural environment was identified as an important ecological resource that supports the integration of these theoretical perspectives in fostering young children's science literacy.

DOI: <https://doi.org/10.22437/gentala.v11i2.57275>

PENDAHULUAN

Literasi sains pada anak usia dini merupakan salah satu dimensi perkembangan yang paling kompleks sekaligus krusial. Kompleksitasnya terletak pada sifat literasi sains yang tidak dapat direduksi menjadi satu variabel tunggal, melainkan merupakan jalinan kemampuan proses sains, disposisi intelektual, serta interaksi anak dengan lingkungan fisik dan sosialnya. Pada tahap usia dini (3-6 tahun), literasi sains lebih tepat dipahami sebagai kapasitas awal anak untuk mengamati fenomena alam, menggunakan indera secara terarah, mengelompokkan objek berdasarkan ciri, mengajukan pertanyaan sederhana, membuat perkiraan atau prediksi, mengeksplorasi kemungkinan, serta mengomunikasikan hasil temuan melalui bahasa verbal maupun nonverbal (Trundle & Sackes, 2015; Ravanis, 2022).

Urgensi pengembangan literasi sains sejak usia dini kini semakin diakui secara global. Berbagai penelitian longitudinal menunjukkan bahwa pengalaman sains pada masa prasekolah

secara signifikan memengaruhi capaian literasi sains di jenjang pendidikan selanjutnya (Kahler dkk, 2020; Bae dkk, 2023; Sackes dkk, 2020). Lebih jauh, Kahler dkk (2020) menemukan bahwa kesenjangan literasi sains pada anak TK cenderung melebar dan menetap hingga kelas tiga sekolah dasar apabila tidak ditangani secara tepat.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji literasi sains anak usia dini, sebagian besar masih berfokus pada indikator tertentu atau efektivitas intervensi tunggal sehingga belum memberikan gambaran profil kemampuan secara komprehensif maupun interpretasi yang mengintegrasikan perspektif perkembangan kognitif, sosiokultural, dan ekologi. Kebaruan penelitian ini terletak pada penyajian profil literasi sains secara menyeluruh melalui enam indikator sekaligus menginterpretasikan temuan empiris menggunakan sintesis teori Piaget, Vygotsky, dan Bronfenbrenner sehingga menghasilkan penjelasan konseptual yang lebih utuh bagi pengembangan pembelajaran sains di PAUD.

Namun, potret kondisi literasi sains anak usia dini terutama di Indonesia masih memerlukan kajian empiris yang lebih mendalam. Kebanyakan penelitian yang ada masih bersifat parsial, hanya mengukur satu atau dua indikator, atau terbatas pada intervensi program tertentu tanpa memetakan profil kemampuan secara komprehensif. Penelitian ini menggunakan pendekatan multiperspektif dengan mengintegrasikan tiga teori perkembangan yang saling melengkapi: teori kognitif Piaget (1952), teori sosiokultural Vygotsky (1978), dan teori ekologi Bronfenbrenner (1979).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan profil kemampuan literasi sains anak usia 5-6 tahun pada enam indikator secara deskriptif kuantitatif; (2) mengidentifikasi pola perkembangan literasi sains yang mencerminkan kesenjangan antarindikator; serta (3) menginterpretasikan pola perkembangan tersebut melalui tinjauan multiperspektif teori Vygotsky, Piaget, dan Bronfenbrenner.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk memetakan profil kemampuan literasi sains anak usia dini secara sistematis dan terukur. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan kondisi aktual kemampuan literasi sains anak tanpa pemberian perlakuan. Partisipan penelitian terdiri atas 32 guru PAUD/TK di Kabupaten Padang Lawas yang dipilih secara purposive berdasarkan kriteria: (1) mengajar kelompok B (usia 5–6 tahun), (2) memiliki pengalaman mengajar minimal satu tahun, dan (3) bersedia menjadi responden.

Penilaian dilakukan oleh guru terhadap anak-anak di kelas yang diampunya berdasarkan hasil observasi selama kegiatan pembelajaran sehari-hari sehingga mencerminkan performa aktual anak. Instrumen penelitian berupa lembar penilaian enam indikator literasi sains yang diadaptasi dari Trundle dan Sackes (2015) serta Buldur (2021). Instrumen terlebih dahulu divalidasi melalui expert judgment oleh ahli PAUD dan evaluasi pendidikan untuk memastikan kesesuaian isi indikator, kemudian direvisi sesuai saran validator. Setiap indikator menggunakan skala 1–4. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa rerata, standar deviasi, distribusi frekuensi, persentase, dan rentang skor.

HASIL PENELITIAN

Profil Kemampuan Literasi Sains Anak: Gambaran Kuantitatif

Analisis deskriptif terhadap enam indikator kemampuan literasi sains anak usia 5-6 tahun menghasilkan gambaran profil yang bervariasi. Data lengkap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil Kemampuan Literasi Sains Anak per Indikator

Indikator Literasi Sains	Rerata (M)	SD	Rentang	Kategori
Mengamati dan mendeskripsikan ciri objek	2,94	0,75	2-4	Baik
Mengelompokkan/membandingkan objek	3,28	0,72	2-4	Sangat Baik
Mengajukan pertanyaan mengapa/bagaimana	2,78	0,65	2-4	Baik
Membuat perkiraan/prediksi sederhana	2,25	0,75	1-3	Cukup
Eksplorasi aktif memecahkan masalah	2,81	0,73	1-4	Baik
Mengomunikasikan hasil pengamatan	2,44	0,75	1-4	Cukup
Total/Rerata keseluruhan	16,50 (2,75)	3,00	9-22	Baik

Secara keseluruhan, rerata kemampuan literasi sains anak berada pada skor $M=2,75$ (kategori baik). Data menunjukkan rentang yang cukup signifikan antara indikator tertinggi ($M=3,28$; mengelompokkan objek) dan terendah ($M=2,25$; membuat prediksi). Selisih ini sebesar 1,03 poin yang mengindikasikan pola perkembangan yang tidak merata (uneven development pattern). Hal ini konsisten dengan temuan Buldur (2021) yang menemukan bahwa keterampilan klasifikasi berkembang lebih awal dibandingkan keterampilan prediksi pada anak prasekolah.

Pada level pertama, indikator yang memiliki rerata tinggi (mengamati, $M=2,94$; mengelompokkan, $M=3,28$; eksplorasi, $M=2,81$) merupakan keterampilan yang bersifat langsung, konkret, dan dapat dilakukan anak secara perseptual-motoris terhadap objek nyata. Pada level kedua, indikator yang berada di kategori cukup (prediksi, $M=2,25$; komunikasi, $M=2,44$) merupakan kemampuan yang memerlukan proses kognitif lebih tinggi.

Kendala Praktik Pembelajaran Sains di PAUD

Profil kemampuan literasi sains anak tidak dapat dilepaskan dari konteks praktik pembelajaran yang berlangsung di PAUD. Data survei menunjukkan berbagai hambatan yang dihadapi guru dalam memfasilitasi pembelajaran sains, sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Kendala Utama Guru dalam Pembelajaran Sains di PAUD

Kendala	Frekuensi	Persentase
Keterbatasan sarana dan media pembelajaran	21	65,6%
Alokasi waktu pembelajaran yang terbatas	19	59,4%
Kurangnya minat/motivasi belajar anak	4	12,5%
Keterbatasan pelatihan atau pengetahuan guru	3	9,4%
Terfokus pada buku pembelajaran yang disediakan	1	3,1%

Keterbatasan sarana/media (65,6%) dan waktu (59,4%) merupakan dua kendala dominan yang mencerminkan kondisi ekosistem PAUD di wilayah ini. Temuan ini relevan dengan hasil penelitian Dewi dkk (2023) dan Fadlillah & Sutarno (2021) yang menemukan pola serupa di PAUD pedesaan Indonesia. Data juga menunjukkan bahwa guided play telah diterapkan oleh 59,4% guru sebanyak 2-3 kali per minggu, menandakan keberadaan modal pedagogis yang potensial.

Potensi Lingkungan Alam sebagai Sumber Belajar Sains

Survei terhadap pandangan guru tentang potensi lingkungan alam menunjukkan persepsi yang positif dan relevan dengan konteks lokal, sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persepsi Guru tentang Potensi Lingkungan Alam dalam Pembelajaran Sains

Tema Persepsi Guru	Frekuensi	Persentase	Relevansi Pedagogis
Konkret dan dapat diamati langsung	13	40,6%	Mendukung fase observasi dan klasifikasi
Mendorong kreativitas dan eksplorasi	12	37,5%	Mendukung fase eksplorasi dan inkuiri

Tema Persepsi Guru	Frekuensi	Persentase	Relevansi Pedagogis
Mudah diperoleh, hemat biaya, kontekstual	11	34,4%	Mengatasi kendala media pembelajaran
Perlu seleksi dan pengawasan keamanan	6	18,8%	Prinsip keamanan pembelajaran

Persepsi guru yang positif terhadap lingkungan alam sebagai sumber belajar menunjukkan relevansi ekologis yang tinggi. Sejalan dengan temuan Purwanti & Yulianti (2022) dan Yulianti dkk (2022), alam sekitar menyediakan objek multisensori yang memfasilitasi berbagai proses sains secara langsung.

PEMBAHASAN

Tinjauan Multiperspektif: Perspektif Piaget

Teori perkembangan kognitif Piaget (1952, 1970) memberikan penjelasan struktural yang paling langsung terhadap pola perkembangan literasi sains yang ditemukan. Anak usia 5-6 tahun berada pada tahap praoperasional akhir yang bergerak menuju tahap operasional konkret. Dalam kerangka ini, tingginya kemampuan mengelompokkan dan mengamati mencerminkan keberhasilan anak menggunakan skema perseptual yang sudah cukup matang untuk memproses atribut fisik objek secara langsung. Sebaliknya, rendahnya kemampuan prediksi ($M=2,25$) dapat dipahami sebagai batas alami perkembangan kognitif yang sedang dalam transisi. Prediksi mensyaratkan kemampuan untuk membayangkan kondisi hipotetis yang memerlukan representasi mental internal yang belum sepenuhnya matang pada tahap praoperasional. Implikasi dari perspektif Piaget adalah bahwa pembelajaran sains anak usia dini perlu dibangun di atas kekuatan konkret yang sudah ada.

Tinjauan Multiperspektif: Perspektif Vygotsky

Vygotsky (1978) justru menekankan potensi yang dapat diaktualisasikan melalui mediasi sosial. Konsep Zona Perkembangan Proksimal (ZPD) memberikan kerangka untuk memahami mengapa indikator prediksi dan komunikasi ilmiah berada di kategori cukup, bukan tidak dapat dikembangkan. Scaffolding yang tepat dalam pembelajaran sains mencakup: (a) pertanyaan pemantik yang menggerakkan pemikiran prediktif; (b) pemodelan bahasa ilmiah awal; (c) umpan balik dialogis; dan (d) dukungan teman sebaya melalui kegiatan sains kolaboratif.

Tinjauan Multiperspektif: Perspektif Bronfenbrenner

Perspektif teori ekologi Bronfenbrenner (1979) melengkapi dua perspektif sebelumnya dengan menempatkan perkembangan anak dalam konteks sistem lingkungan yang berlapis. Pada level mikrosistem, modal pedagogis guru sudah ada namun belum disertai dengan stimulasi sains yang terstruktur. Pada level eksosistem, keterbatasan sarana (65,6%) dan waktu (59,4%) mencerminkan kondisi struktural dari sistem pendukung PAUD yang belum memadai. Di sini lingkungan alam lokal muncul sebagai respons ekologis yang paling strategis.

Sintesis Multiperspektif dan Implikasi Pedagogis

Ketiga perspektif, ketika disintesis, menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif. Piaget menjelaskan mengapa pola perkembangan bersifat hierarkis (dari konkret ke abstrak). Vygotsky menjelaskan bagaimana batas perkembangan tersebut dapat dilintasi melalui mediasi sosial yang tepat. Bronfenbrenner menjelaskan dalam kondisi ekologis seperti apa mediasi tersebut dapat berlangsung secara optimal atau terhambat. Implikasi praktis dari sintesis ini bersifat multilevel: (1) pengembangan kualitas dialog ilmiah; (2) rancangan aktivitas eksplorasi konkret; dan (3) pemanfaatan lingkungan alam lokal sebagai sumber belajar utama.

Sintesis ketiga teori menunjukkan hubungan yang saling menguatkan: Piaget menjelaskan kesiapan struktur kognitif anak, Vygotsky menjelaskan mekanisme peningkatan kemampuan melalui scaffolding dan interaksi sosial, sedangkan Bronfenbrenner menjelaskan bagaimana kualitas lingkungan belajar memfasilitasi atau membatasi proses tersebut. Dengan demikian, ketiga teori tidak berdiri sendiri, tetapi membentuk kerangka penjelas yang komprehensif terhadap temuan penelitian.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan dua temuan utama yang saling terhubung. Secara kuantitatif, profil kemampuan literasi sains anak usia 5-6 tahun di Kabupaten Padang Lawas menunjukkan pola perkembangan yang tidak merata: kuat pada keterampilan konkret-operasional (mengelompokkan dan mengamati), tetapi lemah pada keterampilan yang mensyaratkan penalaran abstrak dan ekspresi verbal ilmiah (prediksi dan komunikasi).

Secara teoritis, tinjauan multiperspektif menunjukkan bahwa pola ini dapat dijelaskan secara sinergis dan saling melengkapi. Perspektif Piaget mengungkap bahwa pola konkret-

abstrak mencerminkan struktur perkembangan kognitif yang bersifat hierarkis. Perspektif Vygotsky menunjukkan bahwa kemampuan prediksi dan komunikasi berada dalam ZPD. Perspektif Bronfenbrenner menempatkan kondisi ini dalam konteks ekologi pendidikan yang lebih luas, di mana keterbatasan sarana dan waktu merupakan hambatan eksosistemik yang dapat direspons melalui pemanfaatan lingkungan alam lokal.

Dengan demikian, pendekatan multiperspektif tidak hanya memberikan penjelasan yang lebih kaya tentang realitas perkembangan literasi sains anak, tetapi juga menunjuk pada arah intervensi pedagogis yang lebih terpadu: aktivitas berbasis eksplorasi konkret (Piaget), diperkaya oleh dialog ilmiah yang scaffolded (Vygotsky), dalam konteks lingkungan alam yang ekologis dan kontekstual (Bronfenbrenner).

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menindaklanjuti profil deskriptif ini dengan desain intervensi atau eksperimen yang menguji efektivitas pembelajaran sains berbasis lingkungan alam lokal, khususnya pada indikator prediksi dan komunikasi ilmiah yang masih berada pada kategori cukup. Penelitian lanjutan juga dapat memperluas cakupan wilayah dan jenjang usia, serta mengkaji strategi scaffolding guru secara lebih mendalam melalui pendekatan kualitatif atau mixed methods, agar proses mediasi sosial dalam Zona Perkembangan Proksimal dapat dipahami secara lebih kontekstual.

REFERENSI

- Bae, J., Shavlik, M., Shatrowsky, C. E., Haden, C. A., & Booth, A. E. (2023). Predicting grade school scientific literacy from aspects of the early home science environment. *Frontiers in Psychology*, 14, 1113196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1113196>
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press.
- Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2006). The bioecological model of human development. In R. M. Lerner & W. Damon (Eds.), *Handbook of child psychology* (6th ed., pp. 793-828). Wiley.
- Buldur, S. (2021). Science process skills of preschool children: A validity and reliability study. *Journal of Baltic Science Education*, 20(1), 22-35. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.22>
- Bustamante, A. S., White, L. J., & Greenfield, D. B. (2020). Science and academic skills development in Head Start. *Early Education and Development*, 31(6), 823-842. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1727416>

- Dewi, N. K., Suryana, D., & Hartati, S. (2023). Pengembangan media pembelajaran sains berbahan alam lokal untuk anak usia 4-6 tahun di PAUD pedesaan. *Jurnal Obsesi*, 7(1), 512-524.
- Fadlillah, M., & Sutarno, S. (2021). Pemanfaatan lingkungan sebagai sumber belajar sains pada anak usia dini. *Jurnal Pendidikan Anak*, 10(1), 34-44.
- Fitriani, L., Sopandi, W., & Sujana, A. (2022). Model guided inquiry berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 29(2), 87-99.
- Fleer, M. (2021). Conceptual playworlds: The role of imagination in play and learning. *Early Years*, 41(4), 353-364.
- Greenfield, D. B., Jirout, J., Dominguez, X., Greenberg, A., Maier, M., & Fuccillo, J. (2021). Science in the preschool classroom. *Early Education and Development*, 20(2), 238-264.
- Handayani, S., & Wulandari, R. (2021). Scaffolding dalam pembelajaran sains untuk anak prasekolah. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 6(1), 1-15.
- Kahler, J., Hahn, I., & Koller, O. (2020). The development of early scientific literacy gaps in kindergarten children. *International Journal of Science Education*, 42(12), 1988-2007.
- Karim, A., & Musfiroh, T. (2022). Efektivitas pendekatan predict-observe-explain berbasis benda konkret terhadap kemampuan prediksi sains anak TK. *Jurnal Obsesi*, 6(5), 4150-4163.
- Manz, E., Levin, D. M., & Herrenkohl, L. R. (2020). Rethinking scientific authority for science education. *Science Education*, 104(6), 969-999.
- Masitoh, S., Suryana, D., & Sutini, A. (2023). Portofolio berbasis dokumentasi gambar dalam pembelajaran inkuiri sains anak usia dini. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 17(1), 1-14.
- Musfah, J., & Huda, M. (2021). Literasi sains dan kesiapan belajar anak usia dini. *Jurnal Obsesi*, 5(2), 1345-1360.
- Navarro, J. L., & Tudge, J. R. (2022). Technologizing Bronfenbrenner: Neo-ecological theory. *Current Psychology*, 41(9), 6263-6277.
- Nayfeld, I., Brennenman, K., & Gelman, R. (2011). Science in the classroom. *Early Education and Development*, 22(6), 970-988.
- Nurlaela, L., & Handayani, F. (2022). Profil kemampuan literasi sains anak TK di lingkungan urban dan rural. *Jurnal Pendidikan Usia Dini*, 16(1), 155-170.
- Ozturk, N., & Kisoglu, M. (2021). Science process skills and science attitudes in kindergartners. *Early Childhood Education Journal*, 49(6), 1005-1018.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.
- Purwanti, D., & Yulianti, D. (2022). Pengembangan model pembelajaran saintifik berbasis lingkungan sekitar. *Jurnal Pendidikan Anak*, 11(2), 80-92.

- Raheem, O. A., Adewale, A. S., & Adeyemi, B. A. (2023). Effect of inquiry-based learning on science process skills. *International Journal of Early Years Education*, 31(1), 45-61.
- Ravanis, K. (2022). Research trends and development perspectives in early childhood science education. *Education Sciences*, 12(7), 456.
- Reyes-Navia, M. E., Rydell, A. M., & Perez-Edgar, K. (2022). Teacher scaffolding quality and early science literacy development. *Learning and Individual Differences*, 98, 102196.
- Sackes, M., Trundle, K. C., Bell, R. L., & O'Connell, A. A. (2020). The influence of early science experience in kindergarten. *Early Childhood Education Journal*, 39(4), 261-271.
- Sari, D. P., & Nugroho, A. A. (2022). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis sumber daya lokal. *Jurnal Obsesi*, 6(6), 5841-5853.
- Sundqvist, P., Nilsson, K., & Nilsson, P. (2021). Toddlers and early childhood science: A literature review. *Early Child Development and Care*, 191(10), 1587-1606.
- Suryana, D. (2021). Pengembangan kurikulum PAUD berbasis kearifan lokal. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 6(2), 125-140.
- Trundle, K. C. (2015). The inclusion of science in early childhood classrooms. In K. C. Trundle & M. Sackes (Eds.), *Research in early childhood science education* (pp. 1-6). Springer.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wahyuningsih, S., Nurjanah, N. E., Hafidah, R., Pudyaningtyas, A. R., Syamsuddin, M. M., & Nurwati, A. (2021). STEAM learning through loose parts play in early childhood education. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 1639-1650.
- Weisberg, D. S., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Kittredge, A. K., & Klahr, D. (2022). Guided play: Principles and practices. *Current Directions in Psychological Science*, 25(3), 177-182.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Yulianti, D., Khanafiyah, S., & Sugiyanto, S. (2022). Penerapan pembelajaran berbasis inkuiri menggunakan bahan alam. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(1), 44-53.
- Zudaire, I., Buil, R., Uriz, I., & colleagues. (2022). Mars Explorers: A science inquiry-based learning project in preschool. *International Journal of Early Childhood*, 54(3), 297-320.