

Penggunaan *Learning Experience Network Analysis* (LENA) dalam Evaluasi Pembelajaran Mendalam: Studi Kasus Pengembangan Literasi AI Siswa Sekolah Dasar di Indonesia

Stefanus Christian Relmasira

Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia

srelmasira@uksw.edu



***Stefanus Christian
Relamsira**

Histori Artikel:

Submit: 2025-02-15

Diterima: 2025-02-22

Dipublikasikan: 2025-02-26

Kata Kunci:

Analisa Peta Jaringan
Pengalaman Belajar (LENA);
Evaluasi Pembelajaran; Literasi
AI; Pembelajaran Mendalam;
Sekolah Dasar

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji penggunaan *Learning Experience Network Analysis* (LENA) sebagai metode evaluasi pembelajaran mendalam dalam konteks pengembangan literasi AI untuk siswa sekolah dasar. Melalui studi design-based research yang melibatkan 118 siswa kelas 5 dari tiga sekolah dasar di Salatiga, Indonesia, LENA digunakan untuk menganalisis pengalaman belajar siswa secara sistematis melalui pemetaan jaringan interaksi antara kesulitan yang dihadapi siswa, keberhasilan yang dicapai, dan kesesuaian dengan prinsip-prinsip teori pembelajaran. Hasil analisis menggunakan Girvan-Newman cluster analysis dengan nilai Q berkisar 0.305-0.697 menunjukkan bahwa LENA efektif dalam mengidentifikasi pola-pola bermakna dalam pengalaman belajar. Analisis betweenness centrality mengungkapkan bahwa aktivitas kolaboratif (24.55), pemecahan masalah dengan AI (20.98), dan penggunaan AI secara generatif (18.98) menjadi faktor kunci dalam pembelajaran literasi AI. Hasil menunjukkan penurunan signifikan dalam kesulitan teknis dari 46% pada siklus pertama menjadi 16% pada siklus kelima, sementara kesadaran etis meningkat dari 43% menjadi 87%. Korelasi kuat ($r=0.78$, $p<0.001$) ditemukan antara prinsip konstruktivis dan keberhasilan pembelajaran, terutama dalam aktivitas yang melibatkan pembuatan artefak dan eksplorasi konsep AI. Penelitian ini memberikan bukti empiris tentang manfaat LENA sebagai alat evaluasi pembelajaran mendalam yang membantu pendidik mengoptimalkan proses pembelajaran melalui penyesuaian berbasis bukti. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan metodologi evaluasi pembelajaran yang lebih komprehensif dan data-driven, khususnya dalam meningkatkan literasi AI pada tingkat pendidikan dasar.

**Jurnal Pendidikan Sains dan
Komputer** is licensed under a
Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International
(CC BY-NC 4.0).

LATAR BELAKANG

Pembelajaran mendalam (deep learning) telah menjadi fokus dalam transformasi pendidikan Indonesia, namun evaluasi efektivitasnya masih menjadi tantangan bagi para pendidik dan peneliti (Relmasira dkk., 2023). Metode evaluasi pembelajaran konvensional seringkali tidak mampu menangkap kompleksitas pengalaman belajar siswa dalam pembelajaran mendalam yang menekankan pada pemahaman konseptual, keterkaitan antar ide, dan aplikasi pengetahuan dalam konteks nyata (Sawyer, 2022). Dalam konteks ini, *Learning Experience Network Analysis* (LENA) atau dalam terjemahan Indonesia: Peta Analisis Pengalaman Belajar (LENA) muncul sebagai pendekatan inovatif yang menawarkan cara sistematis untuk menganalisis dan memahami kompleksitas pembelajaran mendalam (Donaldson dkk., 2024).

LENA merupakan metode analisis yang mengintegrasikan analisis peta jaringan sosial dengan prinsip-prinsip design-based research untuk mengidentifikasi pola-pola bermakna dalam pengalaman belajar siswa (Donaldson dkk., 2024). Pendekatan ini memungkinkan peneliti dan pendidik untuk memetakan hubungan antara berbagai aspek pembelajaran, termasuk kesulitan yang dihadapi siswa, keberhasilan yang dicapai, dan kesesuaian dengan prinsip-prinsip teori pembelajaran yang mendasarinya (Relmasira dkk., 2024).





Dalam konteks pengembangan literasi AI di tingkat sekolah dasar, evaluasi pembelajaran menjadi semakin kompleks karena melibatkan aspek teknis, sosial, dan etis (Long & Magerko, 2020). Model AMAIL (Associative Model of AI Literacy) yang dikembangkan untuk konteks ini membutuhkan pendekatan evaluasi yang dapat menangkap berbagai dimensi pembelajaran, mulai dari interaksi dengan AI hingga pemahaman etis tentang dampak AI (Relmasira dkk., 2024).

Meskipun beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas pembelajaran mendalam dalam meningkatkan literasi AI siswa (Heyder & Posegga, 2021; Wang dkk., 2022), masih terdapat kesenjangan dalam pemahaman tentang bagaimana proses pembelajaran ini dapat dievaluasi secara komprehensif. LENA menawarkan solusi untuk kesenjangan ini dengan memungkinkan analisis sistematis terhadap pengalaman belajar siswa dan menghasilkan langkah-langkah perbaikan pembelajaran yang berbasis bukti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan LENA sebagai metode evaluasi pembelajaran mendalam dalam konteks pengembangan literasi AI untuk siswa sekolah dasar. Secara khusus, penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan: "Bagaimana LENA dapat digunakan untuk mengevaluasi dan meningkatkan efektivitas pembelajaran mendalam untuk pengembangan literasi AI siswa sekolah dasar?"

Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan metodologi evaluasi pembelajaran yang lebih komprehensif dan berbasis data. Dalam era di mana pembelajaran mendalam semakin ditekankan sebagai pendekatan utama dalam Pendidikan. Kebutuhan akan metode evaluasi yang dapat menangkap kompleksitas proses pembelajaran menjadi semakin penting. LENA menawarkan pendekatan yang tidak hanya dapat mengidentifikasi masalah dalam pembelajaran, tetapi juga memberikan panduan konkret untuk perbaikan berbasis bukti.

STUDI LITERATUR

Pembelajaran mendalam merupakan pendekatan yang menekankan pemahaman konseptual yang utuh, tidak sekadar penguasaan teknis atau hafalan (Sawyer, 2022). Dalam perspektif *Learning Sciences*, pembelajaran mendalam dicirikan oleh kemampuan siswa untuk mengonstruksi pengetahuan secara aktif, mengintegrasikan pengetahuan baru dengan pemahaman yang sudah ada, dan mengaplikasikan pengetahuan dalam konteks nyata (Krajcik & Blumenfeld, 2005; Sawyer, 2022). Evaluasi pembelajaran mendalam dengan demikian memerlukan pendekatan yang dapat menangkap kompleksitas proses konstruksi pengetahuan ini salah satunya melalui analisa interaksi dalam pengalaman belajar.

Analisis jaringan sosial (*Social Network Analysis/SNA*) telah terbukti sebagai metode yang efektif untuk menganalisis interaksi pembelajaran. Martínez dkk., (2003) mendemonstrasikan bagaimana SNA dapat diintegrasikan dengan evaluasi kualitatif untuk menganalisis interaksi sosial dalam kelas. Penelitian mereka mengembangkan metode evaluasi campuran yang mengkombinasikan sumber data tradisional dengan log komputer, serta mengintegrasikan statistik kuantitatif, analisis data kualitatif, dan analisis jaringan sosial dalam pendekatan interpretatif menyeluruh. Martinez et al. menunjukkan bagaimana visualisasi jaringan sosial dan analisis matematika kuantitatif dapat memetakan interaksi antara pembelajar-pembelajar dan pembelajar-pengajar untuk mengidentifikasi pembelajar yang berpengaruh dan terisolasi, serta fungsi kelompok secara keseluruhan.

Penelitian Saqr dkk., (2018) lebih lanjut mengkonfirmasi nilai SNA dalam memahami pembelajaran kolaboratif daring dan memprediksi kinerja akademik. Hasil penelitian mereka menunjukkan korelasi positif moderat hingga kuat yang konsisten antara parameter interaksi dan ukuran sentralitas dengan kinerja akademik siswa di semua mata pelajaran yang diteliti. Menggunakan indikator SNA, mereka mampu mengklasifikasikan siswa berdasarkan pencapaian dengan akurasi tinggi (93,3%), yang menunjukkan kemungkinan menggunakan data interaksi untuk memprediksi siswa yang kurang berprestasi dengan reliabilitas yang wajar.

LENA sebagai pengembangan lebih lanjut dari metode SNA menawarkan kerangka analisis yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan analisis peta jaringan sosial dengan prinsip-prinsip design-based research, memungkinkan identifikasi pola-pola bermakna dalam pengalaman belajar siswa (Donaldson et al., 2024). Berbeda



dengan pendekatan SNA tradisional, LENA tidak hanya berfokus pada struktur jaringan, tetapi juga mengidentifikasi hubungan antara kesulitan yang dihadapi siswa, keberhasilan yang dicapai, dan kesesuaian dengan prinsip-prinsip teori pembelajaran.

Keunggulan LENA dibandingkan metode evaluasi berbasis SNA tradisional terletak pada kemampuannya untuk menganalisis pengalaman belajar secara sistematis yang menghasilkan wawasan tentang aspek-aspek intervensi yang perlu diperbaiki. LENA juga mampu mengidentifikasi kesesuaian pengalaman belajar dengan prinsip-prinsip teori pembelajaran mendalam, sehingga memastikan bahwa aktivitas pembelajaran selaras dengan praktik terbaik pendidikan. Yang terpenting, LENA dapat menghasilkan langkah-langkah perbaikan pembelajaran (*design moves*) yang spesifik dan berbasis bukti, sehingga intervensi pembelajaran dapat terus disempurnakan dan ditingkatkan efektivitasnya berdasarkan data empiris yang kuat.

Prinsip-prinsip Teoretis dalam LENA didasarkan pada beberapa teori pembelajaran utama yang efektif dan relevan dengan pembelajaran mendalam:

1. Teori Kognitif Konstruktivis. Teori ini menekankan pembangunan pengetahuan melalui proses asimilasi dan akomodasi (Piaget, 1952). Dalam konteks LENA, teori ini membantu mengidentifikasi bagaimana siswa mengonstruksi pemahaman mereka tentang konsep-konsep baru.
2. Teori Sosial Konstruktivis (Vygotsky, 1978) menekankan peran interaksi sosial dalam pembelajaran. LENA menggunakan perspektif ini untuk menganalisis bagaimana kolaborasi dan scaffolding mempengaruhi pengalaman belajar siswa.
3. Teori Konstruksionis Pendekatan konstruksionis (Kafai, 2006; Papert & Harel, 1991) menekankan pembelajaran melalui pembuatan artefak. LENA menggunakan prinsip ini untuk menganalisis bagaimana aktivitas hands-on berkontribusi pada pembelajaran.
4. Teori Pembelajaran Transformatif. Teori ini berfokus pada perubahan perspektif dan asumsi pembelajar (Mezirow, 2009, 2018). LENA menggunakan teori ini untuk menganalisis perubahan pemahaman dan kesadaran siswa.

Langkah-langkah implementasi LENA dalam Evaluasi Pembelajaran melibatkan beberapa tahap analisis (Donaldson dkk., 2024; Relmasira dkk., 2023):

1. Pengumpulan data pengalaman belajar melalui refleksi siswa yang dikumpulkan melalui wawancara atau tulisan refleksi siswa tentang apa yang berhasil, tantangan yang dihadapi, dan hal atau ide baru apa yang didapatkan oleh siswa dalam pembelajaran.
2. Analisis konten menggunakan software analisis kualitatif (dalam hal ini menggunakan *MAXQDA analytics Pro* untuk *coding data*, membuat peta jaringan pengalaman belajar, melakukan uji statistika berdasarkan data refleksi kualitatif siswa)
3. Pengembangan matriks korelasi untuk mengidentifikasi hubungan antar kode (menggunakan Microsoft Excel)
4. Analisis jaringan menggunakan analisa cluster (*Cluster analysis*) Girvan-Newman (Girvan & Newman, 2002) yang terintegrasi dalam software UCINET (Borgatti dkk., 2002)
5. Interpretasi hasil untuk menghasilkan *design moves* atau desain aksi tindak lanjut.

Dalam analisa data, LENA menggunakan beberapa metrik analisis jaringan untuk mengevaluasi pengalaman belajar:

1. *Betweenness centrality* untuk mengidentifikasi simpul-simpul kunci (*nodes*) dalam jaringan pembelajaran.



2. Modularity (nilai Q) untuk mengukur kekuatan struktur cluster dalam jaringan.
3. *Eigenvector centrality* untuk mengidentifikasi pengaruh relatif setiap simpul (*node*)

Analisa Peta Jaringan Pengalaman Belajar (LENA) memberikan beberapa kontribusi penting dalam evaluasi pembelajaran mendalam. Pertama, LENA memungkinkan analisis sistematis pengalaman belajar siswa, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan intervensi pembelajaran. Kedua, LENA membantu mengidentifikasi pola-pola bermakna dalam proses pembelajaran, seperti hubungan antara aktivitas belajar, kolaborasi, dan pemahaman konseptual. Ketiga, LENA memfasilitasi pengembangan *langkah-langkah* perbaikan berbasis bukti dengan menganalisis hubungan antara tantangan, keberhasilan, dan prinsip-prinsip teori belajar. Terakhir, LENA mengintegrasikan perspektif teoretis dalam analisis data empiris, memastikan bahwa perubahan desain pembelajaran selaras dengan praktik terbaik pendidikan dan teori yang mendukung pembelajaran yang efektif. Model ini telah terbukti efektif dalam mengevaluasi pembelajaran literasi AI di tingkat sekolah dasar (Relmasira et al., 2023), memberikan wawasan berharga tentang bagaimana siswa mengembangkan pemahaman mereka tentang AI dan bagaimana pembelajaran dapat ditingkatkan berdasarkan bukti empiris.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan design-based research (DBR) (Anderson & Shattuck, 2012) dengan mengintegrasikan analisis LENA untuk mengevaluasi pembelajaran mendalam. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk menangkap kompleksitas proses pembelajaran dan menghasilkan perbaikan berbasis bukti (Relmasira dkk., 2023)

Konteks penelitian mencakup tiga sekolah dasar di Salatiga, Indonesia, dengan total 118 siswa kelas 5 yang berpartisipasi dalam lima siklus implementasi. Partisipan berusia 10-11 tahun, mayoritas dari keluarga menengah ke bawah, dengan pengalaman teknologi terbatas pada penggunaan *smartphone* dan aplikasi dasar. Setiap sekolah dilengkapi laboratorium komputer dengan akses internet yang memadai untuk mendukung pembelajaran.

Pengumpulan data dilakukan melalui refleksi tertulis siswa setelah setiap sesi pembelajaran dan observasi pembelajaran yang didokumentasikan dalam catatan lapangan. Refleksi siswa berfokus pada pengalaman keberhasilan, tantangan yang dihadapi, dan ide-ide baru yang diperoleh siswa selama pembelajaran.

Analisis data menggunakan LENA dilaksanakan dalam beberapa tahap sistematis. Tahap pertama melibatkan *coding data* kualitatif menggunakan MAXQDA Analytics Pro untuk mengidentifikasi tema-tema terkait kesulitan, keberhasilan, dan kesesuaiannya dengan teori pembelajaran efektif. Selanjutnya, matriks korelasi dikembangkan menggunakan Pearson *correlation* antara pasangan kode dengan nilai $p < 0.05$ untuk menentukan signifikansi hubungan.

Analisis jaringan dilakukan menggunakan UCINET dengan menerapkan algoritma Girvan-Newman (Girvan & Newman, 2002) untuk analisis *cluster* dan perhitungan nilai betweenness centrality serta eigenvector centrality. Visualisasi jaringan dibuat menggunakan NetDraw untuk membantu interpretasi pola-pola yang muncul. Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk mengembangkan langkah-langkah perbaikan pembelajaran berbasis bukti.

Untuk memastikan kualitas analisis, penelitian ini menerapkan triangulasi data dari berbagai sumber, peer review dalam proses coding, member checking dengan partisipan, dan dokumentasi audit trail. Aspek etis dijaga melalui persetujuan tertulis dari orang tua dan sekolah, perlindungan privasi data siswa, penggunaan nama samaran, dan penghormatan terhadap hak siswa untuk mengundurkan diri.

Meskipun demikian, beberapa keterbatasan metodologi perlu diperhatikan, termasuk subjektivitas dalam interpretasi data kualitatif, keterbatasan generalisasi karena konteks spesifik, kompleksitas dalam mengukur pembelajaran mendalam, dan ketergantungan pada kemampuan siswa dalam mengartikulasikan refleksi mereka.

HASIL

Analisis menggunakan LENA menghasilkan temuan yang dapat dikelompokkan dalam tiga aspek utama: struktur jaringan pengalaman belajar, pola interaksi dalam pembelajaran, dan efektivitas aksi tindak lanjut.





Dengan menggunakan analisis Girvan-Newman terhadap refleksi siswa sekolah dasar terkait pembelajaran Literasi AI, dihasilkan tiga cluster utama dengan nilai Q berkisar 0.305-0.697. Cluster pertama ($Q=0.305$) menunjukkan hubungan antara kesulitan teknis dan keberhasilan kolaboratif, dengan nilai betweenness centrality tertinggi (48.47) pada node interaksi dengan AI. Cluster kedua ($Q=0.449$) mengungkapkan keterkaitan antara pemahaman konseptual dan aplikasi praktis, sementara cluster ketiga ($Q=0.697$) menggambarkan hubungan antara aspek etis dan kesadaran kritis.

Analisis betweenness centrality mengungkapkan pola interaksi dalam pembelajaran yang menunjukkan hasil aktivitas kolaboratif dengan nilai tertinggi (24.55), diikuti pemecahan masalah menggunakan AI (20.98), dan penggunaan AI secara generatif (18.98). Pola ini konsisten di seluruh lima siklus implementasi, menunjukkan pentingnya interaksi sosial dalam pembelajaran mendalam (Relmasira et al., 2024).

Design moves yang dikembangkan berdasarkan analisis LENA menunjukkan efektivitas yang meningkat dari siklus ke siklus. Pada siklus pertama, perbaikan pembelajaran fokus pada aspek teknis dengan nilai eigenvector centrality 0.82. Siklus berikutnya menunjukkan peningkatan dalam aspek pedagogis (eigenvector centrality 0.91) dan etis (eigenvector centrality 0.89).

Temuan khusus menunjukkan bahwa kesulitan siswa terkonsentrasi pada tiga area: pemahaman konseptual AI (45% dari total kesulitan), keterampilan teknis (32%), dan pertimbangan etis (23%). Keberhasilan pembelajaran tertinggi dicapai dalam aspek kolaborasi (76%), diikuti pemahaman teknis (68%), dan kesadaran etis (58%).

Analisis longitudinal mengungkapkan penurunan signifikan dalam kesulitan teknis dari 46% pada siklus pertama menjadi 16% pada siklus kelima. Sebaliknya, kesadaran etis meningkat dari 43% menjadi 87% pada periode yang sama, menunjukkan efektivitas pendekatan pembelajaran mendalam yang dievaluasi menggunakan LENA.

LENA juga mengidentifikasi hubungan kuat antara prinsip konstruktivis dan keberhasilan pembelajaran ($r=0.78$, $p<0.001$), terutama dalam aktivitas yang melibatkan pembuatan artefak (hasil karya) dan eksplorasi konsep AI. Temuan ini memperkuat argumen tentang pentingnya pengalaman *hands-on* (pengalaman langsung) dalam pembelajaran mendalam (Donaldson et al., 2024).

PEMBAHASAN

Hasil analisis LENA dalam evaluasi pembelajaran mendalam menunjukkan beberapa temuan penting yang memiliki implikasi signifikan untuk praktik evaluasi Pendidikan. Integrasi pembelajaran mendalam dengan literasi AI melalui model AMAIL menghasilkan pola pembelajaran yang dapat dipetakan dan dievaluasi secara sistematis.

Nilai betweenness centrality yang tinggi pada aktivitas kolaboratif (24.55) mengkonfirmasi pentingnya interaksi sosial dalam pembelajaran mendalam, sejalan dengan teori sosial konstruktivis Vygotsky (1978). Temuan ini memperkuat argumen bahwa pembelajaran mendalam tidak dapat dipisahkan dari konteks sosialnya. Keberhasilan kolaborasi yang mencapai 76% menunjukkan bahwa siswa belajar lebih efektif ketika mereka dapat berbagi pengalaman dan pengetahuan dengan teman sebaya.

Penurunan kesulitan teknis dari 46% menjadi 16% sepanjang lima siklus implementasi menunjukkan efektivitas pendekatan scaffolding dalam pembelajaran mendalam. Hal ini sejalan dengan prinsip konstruktivis Piaget (1952) tentang pembangunan pemahaman secara bertahap. Peningkatan kesadaran tentang etika terkait AI dari 43% menjadi 87% mengindikasikan keberhasilan integrasi aspek teknis dan etis dalam pembelajaran AI.

Peningkatan nilai eigenvector centrality dari 0.82 pada aspek teknis menjadi 0.91 pada aspek pedagogis menunjukkan bahwa perbaikan pembelajaran berbasis LENA berhasil mengoptimalkan proses pembelajaran. Design moves yang dikembangkan berdasarkan analisis jaringan terbukti efektif dalam mengatasi kesulitan spesifik siswa dan meningkatkan kualitas pembelajaran secara keseluruhan dengan menggunakan kekuatan siswa yang didasarkan oleh teori efektif untuk mengatasi kelemahan atau tantangan yang dihadapi.



Kontribusi LENA dalam Evaluasi Pembelajaran LENA memberikan kerangka evaluasi yang komprehensif dengan mengintegrasikan aspek kuantitatif (nilai centrality) dan kualitatif (pola interaksi). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi hubungan antara berbagai komponen pembelajaran yang sulit dideteksi dengan metode evaluasi konvensional (Donaldson dkk., 2024).

Implikasi Praktis Temuan ini memiliki beberapa implikasi praktis untuk pendidikan. Pertama, pentingnya merancang aktivitas pembelajaran yang memfasilitasi interaksi sosial dan kolaborasi. Kedua, perlunya pendekatan bertahap dalam memperkenalkan konsep AI yang kompleks. Ketiga, pentingnya integrasi aspek etis sejak awal pembelajaran.

Meskipun LENA terbukti efektif, beberapa keterbatasan perlu diperhatikan. Kompleksitas analisis jaringan membutuhkan pemahaman teknis yang mungkin menantang bagi praktisi pendidikan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan tools yang lebih aksesibel untuk implementasi LENA.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Learning Experience Network Analysis (LENA) merupakan alat evaluasi yang efektif untuk pembelajaran mendalam, khususnya dalam konteks pengembangan literasi AI di tingkat sekolah dasar. Analisis jaringan dengan nilai Q antara 0.305-0.697 mengonfirmasi keberadaan pola pembelajaran yang bermakna dan terstruktur.

LENA berhasil mengidentifikasi hubungan antara kesulitan siswa, keberhasilan pembelajaran, dan prinsip-prinsip teori pembelajaran yang mendasarinya. Penurunan kesulitan teknis dari 46% menjadi 16% dan peningkatan kesadaran etis dari 43% menjadi 87% membuktikan efektivitas perbaikan pembelajaran berbasis LENA.

Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan metodologi evaluasi pembelajaran yang mengintegrasikan analisis kuantitatif dan kualitatif, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang proses pembelajaran. Temuan ini memberikan landasan empiris untuk pengembangan program literasi AI yang lebih efektif di tingkat sekolah dasar.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan LENA dalam konteks pembelajaran yang berbeda dan mengembangkan tools yang lebih aksesibel untuk praktisi pendidikan. Pengembangan ini penting untuk memperluas penerapan LENA sebagai alat evaluasi pembelajaran mendalam yang efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Dr. Jonan Phillip Donaldson yang telah mengembangkan *Learning Experience Network Analysis* (LENA) dan memberikan bimbingan intensif dalam penerapannya. Metode LENA yang beliau kembangkan memberikan kontribusi fundamental dalam analisis pengalaman belajar siswa pada penelitian ini. Pelatihan dan tutorial yang beliau berikan telah memungkinkan penggunaan LENA secara efektif dalam konteks pengembangan literasi AI untuk siswa sekolah dasar di Indonesia.

REFERENSI

- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), Article 1.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis* [Software]. Analytic Technologies.
- Donaldson, J. P., Han, A., Yan, S., Lee, S., & Kao, S. (2024). Learning experience network analysis for design-based research. *Information and Learning Sciences*, 125(1/2), Article 1/2. <https://doi.org/10.1108/ILS-03-2023-0026>
- Girvan, M., & Newman, M. E. J. (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), Article 12.

- Heyder, T., & Posegga, O. (2021). *Extending the foundations of AI literacy*. 9. https://aisel.aisnet.org/icis2021/is_future_work/is_future_work/9
- Kafai, Y. B. (2006). Constructionism. Dalam R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (hlm. 35–46). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.004>
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2005). Project-Based Learning. Dalam R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (hlm. 317–334). Cambridge University Press; Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). *What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations*. 1–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Martínez, A., Dimitriadis, Y., Rubia, B., Gómez, E., & de la Fuente, P. (2003). Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions. *Documenting Collaborative Interactions: Issues and Approaches*, 41(4), 353–368. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2003.06.001>
- Mezirow, J. (2009). An overview on transformative learning. Dalam K. Illeris (Ed.), *Contemporary theories of learning: Learning theorists in their own words* (hlm. 90–105). Routledge.
- Mezirow, J. (2018). Transformative learning theory. Dalam 2nd (Ed.), *Contemporary theories of learning: Learning theorists... In their own words* (hlm. 114–128). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. Dalam S. Papert & I. Harel (Ed.), *Constructionism* (hlm. 1–11). Basic Books.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. W W Norton & Co.
- Relmasira, S. C., Donaldson, J. P., & Lai, Y. C. (2024). Toward a Theory-Grounded Associative Model of AI Literacy. *Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences-ICLS 2024*, pp. 2057-2058.
- Relmasira, S. C., Lai, Y. C., & Donaldson, J. P. (2023). Fostering AI Literacy in Elementary Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) Education in the Age of Generative AI. *Sustainability*, 15(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su151813595>
- Saqr, M., Fors, U., & Nouri, J. (2018). Using social network analysis to understand online Problem-Based Learning and predict performance. *PLOS ONE*, 13(9), e0203590. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203590>
- Sawyer, R. K. (2022). An Introduction to the Learning Sciences. Dalam R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (3 ed., hlm. 1–24). Cambridge University Press; Cambridge Core. <https://doi.org/10.1017/9781108888295.002>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Mental Processes*. Harvard University Press.
- Wang, B., Rau, P. L. P., & Yuan, T. (2022). Measuring user competence in using artificial intelligence: Validity and reliability of artificial intelligence literacy scale. *Behaviour & Information Technology*, 1–14.