

***Pedagogical People Analytics* Berbasis Artefak untuk Analisis Konseptual pada Pembelajaran Konfigurasi Elektron**

Qoriah Rahmawati*, Fadlullah

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

*Corresponding Author: goriahrahmawatiridho@gmail.com

Dikirim: 03-05-2026; Direvisi: 15-05-2026; Diterima: 17-05-2026

Abstrak: Pembelajaran kimia masih menghadapi tantangan dalam mengungkap proses berpikir siswa secara mendalam, terutama pada materi abstrak seperti konfigurasi elektron. Selama ini, learning analytics lebih banyak berorientasi pada data jejak perilaku belajar sehingga perkembangan pemahaman konseptual siswa belum tergambarkan secara utuh. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pendekatan yang mampu merepresentasikan proses berpikir siswa melalui bukti pembelajaran yang autentik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menerapkan kerangka *Pedagogical People Analytics* berbasis artefak pembelajaran untuk menganalisis perkembangan konseptual siswa. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif interpretatif dengan melibatkan 32 siswa kelas X6 di SMAN 7 Tangerang Selatan yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling pada materi konfigurasi elektron. Data dikumpulkan melalui artefak pembelajaran siswa pada setiap tahap pembelajaran dan dianalisis menggunakan pengodean terbuka, aksial, dan selektif. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa perkembangan konseptual siswa berlangsung melalui empat tahap, yaitu terfragmentasi, negosiasi makna, stabilisasi konsep, dan refleksi pemahaman. Artefak pembelajaran juga mampu memberikan gambaran autentik mengenai perkembangan proses berpikir siswa secara bertahap. Penelitian ini menegaskan bahwa *Pedagogical People Analytics* dapat menjadi pendekatan yang lebih kontekstual dan relevan secara pedagogis dalam mengungkap perkembangan konseptual siswa pada pembelajaran kimia.

Kata Kunci: *learning analytics*; *Pedagogical People Analytics*; artefak pembelajaran; perkembangan konseptual; konfigurasi electron.

Abstract: Chemistry learning still faces challenges in revealing students' thinking processes in depth, particularly in abstract topics such as electron configuration. So far, learning analytics has mainly focused on behavioral learning traces, so the development of students' conceptual understanding has not been fully represented. This condition highlights the importance of an approach that can capture students' thinking processes through authentic learning evidence. This study aimed to develop and implement a Pedagogical People Analytics framework based on learning artifacts to analyze students' conceptual development. The study employed an interpretive qualitative approach involving 32 tenth-grade students of class X6 at SMAN 7 Tangerang Selatan selected through purposive sampling in the topic of electron configuration. Data were collected from students' learning artifacts at each learning stage and analyzed through open, axial, and selective coding. The findings revealed that students' conceptual development progressed through four stages: fragmented understanding, meaning negotiation, conceptual stabilization, and reflective understanding. Learning artifacts also provided authentic evidence of the gradual development of students' thinking processes. This study confirms that Pedagogical People Analytics can serve as a more contextual and pedagogically relevant approach for examining students' conceptual development in chemistry learning.

Keywords: learning analytics; pedagogical people analytics; learning artifacts; conceptual development; electron configuration.

PENDAHULUAN

Dalam satu dekade terakhir, learning analytics berkembang menjadi salah satu pendekatan penting dalam memahami sekaligus meningkatkan proses pembelajaran siswa (Gasevic et al., 2019; Viberg et al., 2018). Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan data pembelajaran dalam skala besar yang berasal dari berbagai platform digital untuk mengidentifikasi pola keterlibatan siswa, memprediksi capaian akademik, serta mendukung pengambilan keputusan dalam pembelajaran (Holmes & Tuomi, 2022; Shum et al., 2019; Siemens & Baker, 2012; Viberg et al., 2025). Seiring dengan perkembangannya, perhatian penelitian mulai mengarah pada integrasi perspektif kognitif dan instruksional agar proses belajar dapat dipahami secara lebih utuh dalam konteks pembelajaran nyata (Shibani et al., 2022; Shum et al., 2019). Visualisasi data pembelajaran juga semakin banyak dimanfaatkan untuk menyajikan proses belajar yang kompleks agar lebih mudah dipahami dan memiliki makna pedagogis (Shibani et al., 2020; Viberg et al., 2018). Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa learning analytics tidak lagi dipandang hanya sebagai alat deskriptif dan prediktif, tetapi juga sebagai pendekatan yang dapat membantu menginterpretasikan proses berpikir siswa.

Meskipun demikian, keterbatasan mendasar masih ditemukan dalam cara merepresentasikan proses belajar siswa. Sebagian besar penelitian learning analytics masih bertumpu pada data jejak perilaku, seperti interaksi klik dan catatan aktivitas sistem, yang pada dasarnya hanya merekam aktivitas yang tampak di permukaan. Data tersebut memang mampu menggambarkan pola partisipasi siswa, tetapi belum sepenuhnya dapat menjelaskan bagaimana siswa membangun dan mengembangkan pemahaman konseptual.

Keterbatasan tersebut menjadi semakin jelas ketika pembelajaran dipahami sebagai proses kognitif yang kompleks, bukan sekadar rangkaian tindakan yang dapat diamati. Pemahaman terhadap cara siswa berpikir, menalar, dan mengorganisasi ulang pengetahuan memerlukan sumber data yang lebih kaya dan kontekstual. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih berpusat pada manusia dengan memanfaatkan bukti pembelajaran yang mampu merepresentasikan dinamika internal proses belajar.

Kebutuhan tersebut menjadi sangat relevan dalam pembelajaran sains, terutama pada pembelajaran kimia yang banyak melibatkan konsep abstrak dan simbolik. Dalam pembelajaran sains, siswa tidak hanya dituntut menguasai informasi, tetapi juga merekonstruksi pengetahuan awal menjadi struktur konsep yang lebih terintegrasi. Proses tersebut berkaitan dengan perubahan konseptual yang terjadi ketika siswa merevisi pemahaman awal menuju pengetahuan ilmiah yang lebih koheren (Vosniadou, 2013).

Salah satu materi kimia yang sering menimbulkan kesulitan konseptual adalah konfigurasi elektron. Konsep ini bersifat abstrak sehingga siswa cenderung menggunakan strategi prosedural, seperti menghafal aturan pengisian orbital tanpa memahami prinsip yang mendasarinya (Taber, 2013). Akibatnya, pemahaman siswa sering kali bersifat terfragmentasi dan belum terintegrasi secara konseptual. Penelitian terkini juga menekankan pentingnya kemampuan representasi dan pemodelan dalam membantu siswa memahami konsep-konsep sains yang abstrak (Edelsbrunner & Hofer, 2023; Ifenthaler & Yau, 2020). Proses belajar tidak hanya melibatkan aktivitas mengingat, tetapi juga kemampuan membangun,



menghubungkan, dan menafsirkan berbagai representasi konsep secara bermakna. Namun demikian, perkembangan konseptual semacam ini sulit diidentifikasi melalui pendekatan learning analytics konvensional yang lebih berorientasi pada indikator perilaku belajar.

Salah satu sumber data yang berpotensi memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai proses berpikir siswa adalah artefak pembelajaran. Artefak pembelajaran dapat berupa tulisan, gambar, diagram, maupun hasil kerja kolaboratif yang dihasilkan siswa selama proses belajar berlangsung. Artefak tersebut mampu merepresentasikan proses berpikir siswa secara langsung dan memberikan bukti autentik mengenai bagaimana pemahaman berkembang dari waktu ke waktu (Shibani et al., 2022; Viberg et al., 2018). Melalui analisis artefak, perkembangan konseptual siswa dapat ditelusuri secara lebih kontekstual karena didasarkan pada aktivitas belajar yang nyata.

Meskipun beberapa penelitian mulai memanfaatkan berbagai sumber data dalam analisis pembelajaran, pendekatan yang secara sistematis menganalisis artefak pembelajaran dalam kerangka learning analytics masih relatif terbatas (Luckin et al., 2016; Shum & Crick, 2016). Di sisi lain, konsep people analytics yang berkembang dalam konteks organisasi menawarkan perspektif baru dalam memahami perilaku manusia melalui pemanfaatan berbagai sumber data untuk mengidentifikasi pola interaksi, pengambilan keputusan, dan dinamika individu (Marler & Boudreau, 2017; Rasmussen & Ulrich, 2015; van den Heuvel & Bondarouk, 2017). Integrasi antara people analytics dan learning analytics berpotensi memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai proses belajar siswa.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengadopsi perspektif analitis yang menempatkan artefak pembelajaran sebagai sumber data utama dalam menginterpretasikan perkembangan konseptual siswa. Pendekatan ini tidak berfokus pada prediksi perilaku belajar, melainkan pada pemaknaan proses kognitif yang muncul selama pembelajaran berlangsung. Untuk mengoperasionalkan pendekatan tersebut, penelitian ini memperkenalkan kerangka *Pedagogical People Analytics* yang mengintegrasikan analisis berbasis artefak ke dalam *learning analytics*. Kerangka ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perkembangan pengetahuan konseptual siswa melalui tahapan pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana artefak pembelajaran merefleksikan perkembangan konseptual siswa pada materi konfigurasi elektron serta mengeksplorasi kontribusi *Pedagogical People Analytics* dalam pengembangan kajian *learning analytics* yang lebih kontekstual dan bermakna secara pedagogis.

KAJIAN TEORI

Learning analytics merupakan pendekatan berbasis data yang digunakan untuk memahami, memantau, dan meningkatkan proses pembelajaran melalui analisis berbagai aktivitas belajar siswa dalam lingkungan digital (Long & Siemens, 2014). Dalam perkembangannya, *learning analytics* tidak hanya dimanfaatkan untuk mendeskripsikan aktivitas belajar, tetapi juga digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan pembelajaran berbasis prediksi melalui integrasi kecerdasan buatan dan analisis data berskala besar (Holmes & Tuomi, 2022; Romero & Ventura, 2020; Shibani et al., 2022). Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa learning



analytics memiliki peran penting dalam membantu pendidik memahami pola belajar siswa secara lebih sistematis.

Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan learning analytics masih lebih banyak berfokus pada data perilaku, seperti klik, akses sistem, dan partisipasi digital. Data tersebut mampu menggambarkan aktivitas belajar siswa, tetapi belum sepenuhnya dapat menjelaskan proses kognitif yang terjadi selama pembelajaran berlangsung. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih berpusat pada manusia dan sensitif terhadap konteks pembelajaran sehingga proses berpikir siswa dapat dipahami secara lebih mendalam (Alzahrani et al., 2023).

Dalam penelitian ini, fokus utama kajian meliputi perkembangan konseptual siswa, artefak pembelajaran, dan *Pedagogical People Analytics* sebagai kerangka analitis. Perkembangan konseptual dipahami sebagai proses perubahan dan penyempurnaan pemahaman siswa dari pengetahuan awal yang sederhana menuju struktur konsep yang lebih terintegrasi dan bermakna. Dalam pendidikan sains, khususnya kimia, perkembangan konseptual berlangsung melalui aktivitas representasi, penalaran, dan pemodelan ilmiah.

Pada materi konfigurasi elektron, siswa sering mengalami kesulitan karena konsep yang dipelajari bersifat abstrak dan simbolik. Akibatnya, pembelajaran cenderung dipahami secara prosedural melalui hafalan aturan tanpa memahami prinsip konseptual yang mendasarinya (Taber, 2013). Kondisi tersebut menyebabkan pemahaman siswa sering kali bersifat terfragmentasi dan kurang terhubung antar konsep.

Kemampuan representasi menjadi bagian penting dalam perkembangan konseptual karena memungkinkan siswa menghubungkan berbagai bentuk representasi, baik visual, simbolik, maupun verbal, untuk membangun struktur pengetahuan yang lebih utuh. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kemampuan representasi dan pemodelan memiliki peran penting dalam membantu siswa memahami konsep-konsep sains yang abstrak (Edelsbrunner & Hofer, 2023; Prain & Tytler, 2012). Namun demikian, perkembangan konseptual semacam ini sulit diidentifikasi melalui pendekatan *learning analytics* konvensional yang lebih menekankan indikator perilaku belajar.

Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan artefak pembelajaran sebagai sumber data utama untuk memahami proses berpikir siswa. Artefak pembelajaran merujuk pada berbagai hasil aktivitas belajar siswa, seperti tulisan, diagram, representasi visual, dan hasil diskusi yang merefleksikan proses konstruksi pengetahuan selama pembelajaran berlangsung. Artefak tidak hanya menunjukkan hasil akhir belajar, tetapi juga memberikan bukti autentik mengenai bagaimana siswa membangun, merevisi, dan mengintegrasikan konsep secara bertahap (Knight et al., 2014; Roski et al., 2024).

Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini mengembangkan kerangka *Pedagogical People Analytics* sebagai pendekatan analitis yang mengintegrasikan analisis berbasis artefak ke dalam *learning analytics*. Pendekatan ini menempatkan artefak pembelajaran sebagai sumber data pedagogis untuk menginterpretasikan perkembangan konseptual siswa secara lebih kontekstual dan bermakna. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berorientasi pada prediksi perilaku belajar, pendekatan ini menekankan interpretasi proses kognitif yang muncul selama



pembelajaran berlangsung. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan pendekatan *learning analytics* yang tidak hanya berbasis data perilaku, tetapi juga mempertimbangkan dimensi kognitif dan representasional dalam pembelajaran sains.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif interpretatif untuk memahami perkembangan konseptual siswa melalui artefak pembelajaran yang dihasilkan selama proses pembelajaran konfigurasi elektron. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada interpretasi proses berpikir siswa yang tidak dapat sepenuhnya dijelaskan melalui data perilaku belajar semata. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis bagaimana artefak pembelajaran merefleksikan tahapan perkembangan konseptual pada materi konfigurasi elektron; (2) mengkaji bagaimana analisis berbasis artefak memberikan pemahaman terhadap proses konseptual siswa; dan (3) mengeksplorasi kontribusi *Pedagogical People Analytics* dalam pengembangan kajian *learning analytics*.

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif interpretatif dengan fokus pada proses terbentuknya pemahaman konsep melalui aktivitas pembelajaran dan artefak yang dihasilkan siswa. Penelitian dilaksanakan pada 32 siswa kelas X6 di SMAN 7 Tangerang Selatan yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Pemilihan subjek didasarkan pada keterlibatan siswa dalam pembelajaran kolaboratif serta pengalaman awal pada materi struktur atom.

Pengumpulan data dilakukan selama empat minggu pada pembelajaran konfigurasi elektron. Data penelitian berupa artefak pembelajaran siswa yang dikembangkan dalam empat tahap, yaitu: (A1) ekspresi konseptual awal, (A2) diskusi kolaboratif, (A3) konstruksi representasi berupa diagram orbital, dan (A4) refleksi konseptual. Keempat tahap tersebut digunakan untuk menangkap perkembangan pemahaman siswa secara bertahap.

Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui pengodean terbuka, pengodean aksial, dan pengodean selektif. Proses ini digunakan untuk mengidentifikasi pola perkembangan konseptual siswa mulai dari tahap terfragmentasi hingga reflektif. Untuk menjaga keabsahan data, penelitian menerapkan triangulasi artefak dan triangulasi peneliti. Seluruh interpretasi didasarkan pada bukti empiris yang terdapat dalam artefak pembelajaran siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis artefak pembelajaran menunjukkan bahwa pemahaman konseptual siswa pada materi konfigurasi elektron berkembang secara bertahap selama proses pembelajaran. Perkembangan tersebut tampak dari perubahan bentuk respons siswa pada setiap tahap artefak pembelajaran (A1–A4). Pada tahap A1, sebagian besar siswa masih menunjukkan pola berpikir prosedural. Respons siswa didominasi oleh penulisan aturan konfigurasi elektron secara langsung tanpa penjelasan konseptual yang memadai. Temuan ini menunjukkan bahwa pemahaman awal siswa masih bersifat terfragmentasi dan berorientasi pada hafalan.

Pada tahap A2, artefak hasil diskusi memperlihatkan adanya proses negosiasi makna antarsiswa. Siswa mulai membandingkan jawaban, mengajukan pertanyaan,



dan mendiskusikan alasan penggunaan aturan tertentu. Interaksi tersebut menunjukkan mulai berkembangnya proses penalaran konseptual melalui aktivitas kolaboratif. Tahap A3 menunjukkan perkembangan pemahaman yang lebih terstruktur. Siswa mulai menghasilkan representasi visual berupa diagram orbital yang menggambarkan susunan elektron secara lebih sistematis. Penggunaan representasi ini memperlihatkan bahwa siswa tidak hanya mengingat aturan, tetapi mulai memahami hubungan antar konsep secara visual dan simbolik. Pada tahap A4, siswa mampu memberikan penjelasan tertulis yang lebih runtut menggunakan istilah ilmiah yang lebih tepat. Respons siswa menunjukkan adanya integrasi konsep dan kemampuan merefleksikan pemahaman secara lebih mendalam.

Ringkasan perkembangan artefak pembelajaran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Perkembangan Artefak Pembelajaran

Tahap	Bukti Artefak	Proses Kognitif	Interpretasi
A1	ulisan aturan konfigurasi	Mengingat	Terfragmentasi
A2	Hasil Diskusi Kelompok	Negosiasi Makna	Berkembang
A3	Diagram Orbital	Representasi Konsep	Terstruktur
A4	Refleksi tertulis	Metakognisi	Terintegrasi

Hasil analisis juga menunjukkan adanya trajektori perkembangan konseptual yang berlangsung secara bertahap, dimulai dari pemahaman prosedural menuju pemahaman konseptual yang lebih reflektif. Perkembangan tersebut tampak melalui perubahan pola respons siswa dari hafalan aturan menuju kemampuan menjelaskan konsep secara lebih utuh.

Proses pengodean terhadap artefak pembelajaran menghasilkan beberapa kategori analisis yang merepresentasikan perkembangan konseptual siswa. Pada tahap awal ditemukan dominasi kode prosedural, sedangkan pada tahap berikutnya muncul kode negosiasi, representasi, dan integrasi konsep. Ringkasan hasil pengodean disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Hasil Pengkodean Artefak Pembelajaran

Tahap	Data Artefak	Kategori Kode	Makna Konseptual
A1	"Mengikuti aturan konfigurasi"	Prosedural	Hafalan konsep
A2	"Mengapa harus berpasangan?"	Negosiasi	Konflik konseptual
A3	"Diagram orbital elektron"	Representasi	Struktur konsep
A4	"Konfigurasi stabil lebih mudah dipahami"	Integrasi	Pemahaman Konseptual

Analisis multilapis menunjukkan bahwa artefak pembelajaran memiliki tingkat kedalaman informasi yang berbeda. Artefak sederhana seperti jawaban tertulis memberikan informasi dasar, sedangkan diagram dan refleksi tertulis menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam. Kerangka Analisis Multilapis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kerangka Analisis Multilapis

Level Analisis	Sumber Data	Fokus Analisis	Interpretasi
Permukaan	Lembar Kerja Siswa	Deskriptif	Pemahaman Dasar
Menengah	Diagram orbital	Pola Representasi	Koneksi konsep
Mendalam	Refleksi Tertulis	Tematik	Integrasi konsep

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa artefak pembelajaran mampu merepresentasikan perkembangan konseptual siswa secara bertahap melalui dimensi kognitif, sosial, dan representasional.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan konseptual siswa tidak berlangsung secara instan, tetapi melalui proses bertahap yang melibatkan aktivitas berpikir, interaksi sosial, dan penggunaan representasi. Temuan ini sejalan dengan pandangan konstruktivistik yang menempatkan pembelajaran sebagai proses membangun pengetahuan melalui pengalaman dan interaksi belajar. Pada tahap awal, siswa cenderung menggunakan pendekatan prosedural dengan menghafal aturan konfigurasi elektron tanpa memahami prinsip yang mendasarinya. Kondisi ini menjelaskan bahwa siswa sering mengalami kesulitan dalam menghubungkan representasi simbolik dengan pemahaman konseptual pada materi kimia abstrak (Taber, 2005). Pemahaman yang masih terpisah-pisah menyebabkan siswa hanya berfokus pada langkah penyelesaian tanpa memahami makna ilmiahnya.

Perkembangan mulai terlihat ketika siswa terlibat dalam diskusi kelompok. Interaksi antarsiswa memungkinkan munculnya pertanyaan, klarifikasi, dan negosiasi makna yang membantu proses rekonstruksi konsep. Temuan ini mendukung berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif dapat membantu siswa memperbaiki miskonsepsi melalui proses argumentasi dan pertukaran ide. Pada tahap representasional, penggunaan diagram orbital membantu siswa mengorganisasi konsep secara visual. Representasi visual mempermudah siswa dalam memahami hubungan antar elektron dan orbital yang sebelumnya bersifat abstrak. Temuan ini sejalan dengan penelitian tentang pentingnya kemampuan representasi dalam pembelajaran sains yang menegaskan bahwa visualisasi membantu siswa membangun struktur pengetahuan yang lebih terintegrasi.

Selain itu, hasil penelitian memperlihatkan bahwa artefak pembelajaran dapat memberikan informasi yang lebih mendalam dibandingkan data perilaku dalam *learning analytics* konvensional. Artefak tidak hanya menunjukkan apa yang dilakukan siswa, tetapi juga memperlihatkan bagaimana siswa membangun dan mengembangkan pemahaman konsep selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan demikian, pendekatan *Pedagogical People Analytics* memberikan perspektif yang lebih kontekstual karena berfokus pada interpretasi proses kognitif siswa.

Temuan ini memperkuat gagasan bahwa *learning analytics* tidak seharusnya hanya digunakan untuk prediksi perilaku belajar, tetapi juga perlu diarahkan pada pemahaman proses belajar yang lebih bermakna secara pedagogis. Integrasi analisis artefak memungkinkan guru memperoleh gambaran yang lebih autentik mengenai perkembangan konsep siswa serta mengidentifikasi perubahan pemahaman yang terjadi pada setiap tahap pembelajaran.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa artefak pembelajaran dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi pedagogis dalam evaluasi pembelajaran kimia. Guru dapat menggunakan artefak siswa untuk mengidentifikasi pola berpikir, mendeteksi miskonsepsi, serta menyesuaikan strategi pembelajaran sesuai perkembangan konseptual siswa. Selain itu, pendekatan *Pedagogical People Analytics* berpotensi dikembangkan lebih lanjut pada materi sains lain untuk mendukung pembelajaran yang lebih reflektif dan berpusat pada proses berpikir siswa.



KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa artefak pembelajaran dapat digunakan untuk merefleksikan perkembangan konseptual siswa pada materi konfigurasi elektron secara lebih mendalam dan kontekstual. Analisis terhadap artefak siswa memperlihatkan bahwa perkembangan pemahaman berlangsung secara bertahap, dimulai dari pemahaman prosedural menuju pemahaman konseptual yang lebih terintegrasi dan reflektif. Perkembangan tersebut terlihat melalui perubahan respons siswa, mulai dari penggunaan aturan hafalan, proses diskusi dan negosiasi makna, penggunaan representasi visual, hingga kemampuan menjelaskan konsep secara ilmiah.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa analisis berbasis artefak mampu memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai proses konseptual siswa dibandingkan pendekatan *learning analytics* yang hanya berfokus pada data perilaku belajar. Artefak pembelajaran tidak hanya menunjukkan hasil belajar, tetapi juga memperlihatkan bagaimana siswa membangun, menghubungkan, dan merevisi pemahaman konsep selama proses pembelajaran berlangsung.

Selain memberikan gambaran perkembangan konseptual siswa, penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan kajian *learning analytics* melalui penerapan kerangka *Pedagogical People Analytics* berbasis artefak pembelajaran. Pendekatan ini memungkinkan analisis pembelajaran dilakukan secara lebih pedagogis karena tidak hanya berfokus pada aktivitas belajar yang terekam secara digital, tetapi juga pada proses berpikir siswa selama pembelajaran berlangsung. Dengan demikian, artefak pembelajaran dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi pedagogis untuk membantu guru mengidentifikasi perkembangan konseptual, mengenali miskonsepsi, serta merancang pembelajaran yang lebih adaptif sesuai kebutuhan siswa.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian dilakukan pada satu kelas dan satu materi pembelajaran, sehingga temuan yang diperoleh belum dapat menggambarkan seluruh konteks pembelajaran kimia maupun bidang studi lainnya. Selain itu, pendekatan kualitatif berbasis artefak lebih menekankan kedalaman interpretasi sehingga membutuhkan waktu analisis yang relatif panjang dan belum sepenuhnya mendukung analisis dalam skala besar.

Saran Penelitian Lanjutan

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan pendekatan *Pedagogical People Analytics* pada materi sains lain, jenjang pendidikan yang berbeda, serta konteks pembelajaran yang lebih luas agar diperoleh gambaran perkembangan konseptual yang lebih komprehensif. Selain itu, integrasi analisis artefak dengan teknologi kecerdasan buatan dan sistem *learning analytics* berbasis data besar juga perlu dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi analisis tanpa mengurangi kedalaman interpretasi proses berpikir siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada peserta didik kelas X6 SMAN 7 Tangerang Selatan yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Apresiasi juga



disampaikan kepada dosen pembimbing dan rekan sejawat atas masukan dan saran dalam penyempurnaan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzahrani, A. S., Tsai, Y. S., Iqbal, S., Marcos, P. M. M., Scheffel, M., Drachsler, H., Kloos, C. D., Aljohani, N., & Gasevic, D. (2023). Untangling connections between challenges in the adoption of learning analytics in higher education. In *Education and Information Technologies* (Vol. 28, Number 4). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11323-x>
- Edelsbrunner, P. A., & Hofer, S. I. (2023). Unraveling the relation between representational competence and conceptual knowledge across four samples from two different countries. *Frontiers in Education*, 8(April), 1–7. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1046492>
- Gasevic, D., Tsai, Y.-S., Dawson, S., & Pardo, A. (2019). How do we start? An approach to learning analytics adoption in higher education. *International Journal of Information and Learning Technology*, 36(4), 342–353. <https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2019-0024>
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y. K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1961–1990. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z>
- Knight, S., Buckingham Shum, S., & Littleton, K. (2014). Epistemology, Assessment, Pedagogy: Where Learning Meets Analytics in the Middle Space. *Journal of Learning Analytics*, 1(2), 23–47. <https://doi.org/10.18608/jla.2014.12.3>
- Long, P. D., & Siemens, G. (2014). Penetrare La Nebbia: Tecniche Di Analisi Per L'Apprendimento Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *TD Tecnologie Didattiche*, 22(3), 132–137.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed. In *Pearson*. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1475756/>
- Marler, J. H., & Boudreau, J. W. (2017). An evidence-based review of HR Analytics. *International Journal of Human Resource Management*, 28(1), 3–26. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1244699>
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751–2773. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>



- Rasmussen, T., & Ulrich, D. (2015). Learning from practice: How HR analytics avoids being a management fad. *Organizational Dynamics*, 44(3), 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2015.05.008>
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- Roski, M., Sebastian, R., Ewerth, R., Hoppe, A., & Nehring, A. (2024). Learning analytics and the Universal Design for Learning (UDL): A clustering approach. *Computers and Education*, 214(March), 105028. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105028>
- Shibani, A., Knight, S., & Buckingham Shum, S. (2022). Questioning learning analytics? Cultivating critical engagement as student automated feedback literacy. *ACM International Conference Proceeding Series*, 326–335. <https://doi.org/10.1145/3506860.3506912>
- Shibani, A., Knight, S., & Shum, B. (2020). *Educator Perspectives on Learning Analytics in Classroom Practice*.
- Shum, S. B., & Crick, R. D. (2016). Learning Analytics for 21st Century Competencies. *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 6–21. <https://learning-analytics.info/journals/index.php/JLA/article/view/5082%5Cnhttps://learning-analytics.info/journals/index.php/JLA/article/download/5082/5584>
- Shum, S. B., Ferguson, R., & Martinez-maldonado, R. (2019). *Human-Centred Learning Analytics*. 6(2), 1–9.
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. D. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. *ACM International Conference Proceeding Series*, 252–254. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Taber, K. S. (2005). Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94–116. <https://doi.org/10.1002/sce.20038>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156–168. <https://doi.org/10.1039/c3rp00012e>
- van den Heuvel, S., & Bondarouk, T. (2017). The rise (and fall?) of HR analytics: A study into the future application, value, structure, and system support. *Journal of Organizational Effectiveness*, 4(2), 157–178. <https://doi.org/10.1108/JOEPP-03-2017-0022>
- Viberg, O., Cukurova, M., Feldman-Maggor, Y., Alexandron, G., Shirai, S., Kanemune, S., Wasson, B., Tømte, C., Spikol, D., Milrad, M., Coelho, R., & Kizilcec, R. F. (2025). What Explains Teachers' Trust in AI in Education Across Six Countries? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35(3), 1288–1316. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00433-x>



- Viberg, O., Hatakka, M., Bälter, O., & Mavroudi, A. (2018). The current landscape of learning analytics in higher education. *Computers in Human Behavior*, 89(July), 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.027>
- Vosniadou, S. (2013). International handbook of research on environmental education. *Choice Reviews Online*, 51(01), 51-0243-51–0243. <https://doi.org/10.5860/choice.51-0243>

