



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2025) pp: 2398-2405

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Konsep Atomistik Leucippus Sebagai Analogi Filosofis dalam Pembelajaran Matematika di SMA

Gustina Anugerahwati Soekarno¹, Tri Anasari², Definka Puan Shalika Abdillah³,
Nourma Ayu Sulistiyowati⁴, Endang Fauziati⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Magister Administrasi Pendidikan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

¹g100250004@student.ums.ac.id, ²g100250001@student.ums.ac.id, ³g100250002@student.ums.ac.id
⁴g100250003@student.ums.ac.id, ⁵ef274@ums.ac.id

Abstrak

Skor PISA matematika Indonesia yang rendah mengindikasikan perlunya pergeseran fokus pembelajaran dari aspek prosedural ke pemahaman konseptual dan bernalar kritis. Matematika sering dianggap abstrak karena metode pengajaran kurang mendorong berpikir kritis. Penelitian ini menawarkan kerangka filosofis atomistik Leucippus untuk menyusun dan memperkaya pemahaman konsep yang mendalam di tingkat SMA. Penelitian kualitatif ini, melalui wawancara dan observasi, menganalisis penerapan analogi atomistik Leucippus. Konsep atomistik dianalogikan sebagai elemen fundamental atau konsep prasyarat yang tak terbagi dalam matematika (unit dasar). Implikasi Analogis konsep atomistik dalam Pembelajaran yaitu Keteraturan Atom diibaratkan sebagai struktur materi yang hierarkis, bergerak dari konsep sederhana ke konsep kompleks. Gerak Atom diibaratkan sebagai proses belajar dan penurunan rumus yang menunjukkan interaksi dan hubungan antar konsep. Penerapan analogi ini telah diimplementasikan guru dalam Penyusunan Bahan Ajar yang terstruktur secara sistematis dari dasar ke kompleks, Penurunan Rumus Bertahap dengan selalu menghubungkan kembali ke konsep prasyarat (atom) dan Diagnosis Kesulitan yang berfokus pada penguasaan konsep per atom (unit dasar) sebelum beralih ke konsep yang lebih rumit, memungkinkan remedial yang lebih efisien. Kesimpulannya, analogi atomistik Leucippus terbukti memberikan kerangka konseptual yang efektif bagi guru untuk menyusun pembelajaran. Pendekatan ini memfasilitasi pemahaman bahwa pengetahuan matematika dibangun secara hierarkis, deduktif, dan konsisten dari unit-unit dasar yang saling berinteraksi, berpotensi meningkatkan pemahaman konseptual murid secara signifikan. Integrasi filsafat atomistik dalam pedagogi matematika mampu menggeser paradigma pembelajaran dari mekanistik menjadi reflektif-struktural.

Kata kunci: Atomistik Leucippus, Analogi Filosofis, Pembelajaran Matematika, Pemahaman Konseptual, Struktur Konsep

1. Latar Belakang

Berdasarkan hasil PISA dari tahun 2015 skor matematika menunjukkan penurunan yang signifikan. Penurunan ini diakibatkan karena kemampuan berfikir kritis matematis murid Indonesia yang menurun. Masalah ini dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya efek pandemi Covid-19 dimana proses pembelajaran yang dilaksanakan dikelas kurang efektif. Proses pembelajaran yang terjadi didalam kelas dan interaksi antara guru dengan murid mempengaruhi hasil pembelajaran. Proses pembelajaran yang terjadi terdiri dari rancangan pembelajaran, bahan ajar, strategi dan evaluasi pembelajaran. Faktanya, pembelajaran matematika di kelas kurang mendorong murid untuk berpikir kritis sehingga kemampuan matematis murid masih rendah (Fatra, 2020). Tren skor yang rendah dan stagnan menunjukkan bahwa fokus pembelajaran matematika di Indonesia perlu bergeser dari Prosedural (menghitung rutin) menuju Konseptual (pemahaman mendalam). Soal Rutin menuju Pemecahan Masalah Kontekstual dan Bernalar Kritis. Matematika adalah disiplin ilmu yang digerakkan oleh konsep sehingga harus dibangun oleh konsep dan memperhatikan hubungan antarkonsep. Teori UbD menyarankan pembelajaran mendalam dalam matematika. Beberapa prioritas kerangka pengetahuan menurut Teori UbD yang harus ada di pembelajaran matematika agar berhasil menciptakan pemahaman konsep yang mendalam, yaitu guru perlu menganalisis isi unit materi ajar, memetakan konsep-konsep besar dan tugas-tugas inti dalam unit, serta mengidentifikasi pengetahuan mana yang penting untuk dikuasai dan diselesaikan, dan pengetahuan mana yang perlu dipahami (Chunhui Li, 2023).

Mata Pelajaran Matematika sering dipandang oleh murid Sekolah Menengah Atas sebagai disiplin ilmu yang abstrak, penuh simbol-simbol, dan tidak bisa diaplikasikan di kehidupan nyata. Pandangan ini menimbulkan jarak epistemologis antara murid dan konsep matematika yang akan mereka pelajari. Menurut Ernest (1991), dominasi pendekatan mekanistik dan algoritmik dalam pengajaran matematika menyebabkan persepsi ini muncul. Pengajaran matematika biasanya cenderung menekankan hasil akhir yang dicapai daripada mengamati proses berpikir konseptual murid. Padahal pembelajaran matematika seharusnya berfungsi sebagai sarana untuk membentuk struktur berpikir logis dan reflektif murid sehingga bermanfaat untuk menyelesaikan masalah konseptual dalam kehidupannya sehari-hari. Pembelajaran matematika yang masih berorientasi pada hasil akhir, bukan proses konseptual atau pengalaman belajar yang mendalam, menunjukkan guru kurang memahami dimensi filosofis dari hakikat matematika.

Filsafat klasik dapat memainkan peran penting dalam konteks masalah ini. Leucippus (abad ke-5 SM) bersama Demokritos mengajarkan bahwa seluruh realitas tersusun atas partikel-partikel kecil yang tidak dapat dibagi lagi (atomos). Perubahan dalam dunia terjadi melalui pergerakan dan kombinasi atom. Dalam konteks epistemologi, atomisme menekankan struktur, keteraturan, dan hubungan antarbagian sebagai dasar realitas pengetahuan. Gagasan fundamental konsep atomistik dari Leucippus, dapat digunakan untuk memahami struktur matematika yang tersusun dari unit-unit dasar konseptual. Matematika juga dipandang sebagai sistem deduktif yang dibangun dari unsur dasar menuju struktur kompleks menurut Platonisme, Formalisme, dan Konstruktivisme. Konsep atomistik dapat dianalogikan dengan pendekatan struktural dalam matematika di mana konsep sederhana menjadi fondasi bagi konsep yang lebih kompleks. Dengan demikian, konsep atomistik berpotensi menjadi pendekatan filosofis untuk memperkaya pemahaman terhadap hakikat pengetahuan matematika di Sekolah Menengah Atas.

Pendekatan analogi filosofis diusulkan sebagai alternatif pedagogis untuk mengatasi kekakuan pembelajaran matematika. Piaget dan Bruner dalam teori konstruktivisme menegaskan bahwa belajar matematika melibatkan pembentukan struktur mental (Nurhayati, 2021). Dimana proses pembentukan pengetahuan pada individu tidak dengan mudah dan serta merta menghasilkan transferan ilmu saja, melainkan dari aktifitas mental yang diperoleh dari pengalaman belajar yang panjang untuk membangun pemahaman (Ani et al., 2016). Menurut Hiebert (1992) matematika menekankan pembangunan pemahaman konseptual yang terstruktur, dengan membangun pengetahuan dari unit-unit dasar yang saling terhubung. Unit-unit yang terhubung ini mirip dengan atom yang saling terikat. Integrasi filsafat atomistik membantu murid menyadari bagaimana “unit-unit ide” matematika saling berinteraksi membentuk pemahaman utuh. Guru dapat memanfaatkan filsafat atomistik untuk menuntun murid memahami bahwa konsep matematika terbentuk dari komponen dasar yang saling berinteraksi secara sistematis.

Manfaat teoritis dari penelitian ini berupa pengayaan perspektif filosofis dalam pembelajaran matematika serta manfaat praktis bagi guru dalam mengembangkan model pembelajaran reflektif yang menekankan keterkaitan konsep. Penelitian ini memfokuskan diri pada analisis konsep atomistik Leucippus sebagai analogi filosofis dalam pembelajaran matematika di Sekolah Menengah Atas, dengan menelaah implikasi epistemologis dan pedagogisnya. Studi ini menawarkan perspektif baru melalui analogi atomistik Leucippus sebagai kerangka konseptual untuk memahami bagaimana pengetahuan matematika dibangun secara hierarkis dan terstruktur.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode kualitatif di sebuah sekolah menengah atas. Dilakukan secara komprehensif, penelitian ini dilakukan untuk meneliti bagaimana konsep atomistik Leucippus dapat dijadikan analogi filosofis dalam pembelajaran matematika di sekolah menengah atas dan hasil implikasi dari penerapan analogi atomistik terhadap pemahaman konseptual murid. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui teknik wawancara dan observasi (Shohibul Anwar & Nuryaman, 2021). Teknik Pengumpulan data wawancara dilakukan secara mendalam pada narasumber yaitu guru matematika di sekolah menengah atas dan digunakan untuk mendapatkan informasi secara rinci tentang bagaimana pembelajaran matematika dilaksanakan di sekolah tersebut. Menurut Sugiyono (2015), teknik pengambilan data dengan observasi adalah memperoleh data dengan cara langsung mengadakan pengamatan terhadap suatu obyek dan sambil mengamati, mencatat apa yang telah diamati se jelas-jelasnya. Teknik observasi dilakukan peneliti dengan mengamati langsung proses pelaksanaan pembelajaran matematika yang diterapkan di sekolah menengah atas. Teknik analisis dokumentasi juga dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data dan dokumen materi ajar atau data pendukung lainnya. Kebasahan data dan akurasi hasil dipastikan dengan cara mengkonfirmasi hasil temuan penelitian kepada pihak yang berkepentingan yaitu guru dan membandingkan dengan dokumen yang ditemukan.

Demi memastikan validitas data, dilakukan triangulasi dengan cara membandingkan informasi yang diperoleh dari hasil wawancara, observasi, dan pengamatan dokumen guru. Data-data dokumen hasil pekerjaan murid serta pengecekan silang antara subyek membantu mempertahankan keandalan data. Menurut Haris Herdiansyah (2010),

dokumentasi merupakan metode pengumpulan data secara kualitatif dengan cara mencermati dan menganalisis dokumen-dokumen yang dibuat oleh subjek sendiri atau oleh orang lain yang mendukung kesimpulan penelitian. Penelitian ini hanya pada proses penerapan analogi atomistik pada pembelajaran matematika dan pengaruhnya terhadap pemahaman konsep murid. Variabel eksternal seperti kondisi kelas dan kondisi murid tidak dianalisis secara detail dan lebih dalam.

3. Hasil dan Diskusi

Konsep Atomistik Leucippus

Pencetus atomistik pertama kali yaitu adalah Leucippus dari Miletus, Yunani pada tahun 440 SM. Rekan Leucippus yaitu Democritus berasal dari Abdera pada tahun 420 SM, memperluas pemikiran Lucippus dan postulat penerapannya. Mereka menyumbangkan pemikiran yang sama tentang atom dan kekosongan (Barnes,1982). Pemikiran dan postulat Leucippus dan Democritus pada hakekatnya membahas tentang materi tersusun dari partikel-partikel terkecil sehingga tidak dapat dibagi-bagi lagi yang bersifat diskontinu yang dikenal sebagai atom. Atom-atom yang menyusun materi tersebut selalu bergerak di dalam ruang hampa atau ruang kosong, dimana ruangan tersebut mengandung ketiadaan absolut. Partikel materi tersebut disebut atomos dari susunan a=tidak dan tomos=dapat dibagi, karena atom-atom berbentuk sangat halus dan tidak dapat dibagi-bagi lagi (Burton, 1966). Democritus memperluas pandangan Leucippus dengan meyakini bahwa seluruh fenomena, termasuk kesadaran, dapat dijelaskan melalui interaksi materi (Rahmatullah, 2025). Pada perkembangannya, ide-ide filosofis Democritus dan Leucippus tentang atom dan ruang kosong, yang awalnya diabaikan akhirnya memperoleh relevansi baru seiring perkembangan sains.

Banyak ilmuwan menghubungkan teori atom Leucippus dengan sains. Konsep-konsep abstrak filsafat dapat menjadi alat bantu penting dalam mengaitkan pemahaman teoretis dengan pengalaman empiris sehari-hari, yang kita sebut dengan analogi (Guna, 2020). Matematika menjadi salah satu hal yang menarik dan relevan untuk dianalisa analoginya terkait dengan teori atomisme Leucippus. Konsep atom Leucippus mencerminkan bahwa realitas bersifat tersusun dan rasional. Democritus memandang bahwa realitas terdiri dari unsur yang tidak terhingga, tidak satu. Unsur-unsur adalah bagian dari partikel, yang tak terhingga banyaknya dan sangat kecil sehingga tidak bisa dibagi lagi. Karena sangat kecil maka indera kita tidak mampu melihatnya. Unsur-unsur tersebut dikenal sebagai atom yang merupakan inti dari segala sesuatu, dilihat dari bentuk, posisi, dan urutannya. Terdapat ruang kosong dimana atom-atom bergerak (Ansharullah, S.Ag., M.Fil.I, 2019).

Mata pelajaran matematika dapat melatih murid karena di dalamnya terdapat keterampilan berfikir tingkat tinggi, yang sistematis, kritis, dan penuh kreatifitas. Itulah mengapa Matematika sangat penting diajarkan kepada murid meskipun tidak disukai murid karena dianggap sulit dipahami. Hal ini menyebabkan perlunya perbaikan pada strategi dan metode yang diterapkan oleh guru dalam proses pembelajaran Matematika agar lebih mudah dipahami murid (Hatib, 2021). Dalam matematika, pendapat Lucippus dan Democritus mengenai “atom, ruang kosong dan gerak atom” serupa dengan konsep bilangan, simbol, atau titik unit dasar yang membentuk keseluruhan sistem di dalam materi matematika. Atom sebagai partikel terkecil, dalam matematika dianalogikan dengan konsep matematika antara lain seperti bilangan, titik dan variabel yang sudah tidak bisa dibagi lagi tetapi bisa diidentifikasi urutan, bentuk dan posisinya dalam suatu persamaan matematika. Sedangkan gerak atom dianalogikan sebagai proses belajar dimana terjadi interaksi konsep-konsep melalui pengalaman belajar menghasilkan pemahaman baru atau konsep baru. Misalnya ketika guru atau murid melakukan operasi aljabar untuk menurunkan rumus atau proses pada operasi fungsi komposisi. Keteraturan atom pada konsep atomistik dianalogikan sebagai penyusunan dan pemberian struktur materi dalam matematika yang dibangun secara hierarkis, dari konsep sederhana ke kompleks.

Analogi Filosofis Konsep Atomistik Leucippus dalam Pembelajaran Matematika di SMA

Dari hasil wawancara delapan guru dan observasi pembelajaran matematika di sebuah Sekolah Menengah Atas, sebagian besar guru menyatakan sudah sering menerapkan konsep atomistik Leucippus pada Pembelajaran Matematika meski belum menyadari tentang analoginya. Penerapan konsep atomistik ini memudahkan penyusunan bahan ajar yang dibuat oleh guru, dan bahan ajar juga menjadi lebih terstruktur.

Tabel 1. Kuantitas Penerapan Atomistik pada Proses Pemahaman Konsep Matematika

Topik Materi	Materi Prasyarat (Atom)	Prinsip Per Elemen	Tuntas	Struktur Hierarkis	Materi	Penurunan Rumus Bertahap
Barisan Aritmatika	Sering	Sering		kadang-kadang	Sering	
Perbandingan	Sering	Sering		Sering	Pernah	
SPLDV dan SptLDV	sangat sering	sangat sering		sangat sering	sangat sering	

Barisan Aritmetika	Sering	Sering	Sering	Sering
Lingkaran dan Garis Singgungnya	Sering	Sering	Sering	Sering
Program Linier	sangat sering	sangat sering	sangat sering	Sering
Kaidah Pencacahan	sangat sering	sangat sering	sangat sering	sangat sering
Statistik	Sering	Sering	Sering	Sering

Guru yang mengajarkan tentang sistem linier dua variabel membuat urutan bahan ajar matematika mulai dari mengenalkan konsep dasar bilangan, bentuk dan operasi aljabar (prasyarat), penyederhanaan aljabar (prasyarat), pengenalan SPLDV, mengidentifikasi variabel dan koefisien, menyelesaikan SPLDV sederhana baru ke penyelesaian soal cerita. Selanjutnya baru mengenalkan tentang sistem pertidaksamaan linier dua variabel dan menggambar himpunan penyelesaiannya pada grafik. Guru tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar yang dibuat sudah sistematis dari materi dasar ke materi yang lebih kompleks. Dalam sistem persamaan linear dua variabel, seperti $2x + 3y = 12$, variabel x dan y dapat dilihat sebagai "atom" penyusun sistem karena sudah tidak dapat dipecah lagi. Mereka sebagai unit dasar dari konteks persamaan tersebut dan tidak terpisahkan.

Sama seperti atom Leucippus, variabel-variabel ini adalah unit fundamental dari ekspresi aljabar yang tidak dapat dibagi lagi menjadi materi lain. Pemberian materi prasyarat sebelum membahas materi SPLDV juga dianalogikan sebagai bentuk penerapan teori atomistik dalam pembelajaran. Sedangkan operasi aljabar yang terjadi pada penyelesaian SPLDV adalah bentuk pergerakan atom yang teratur dan sesuai dengan aturan dalam Matematika. Dengan menganalisa dan mengurutkan atom-atom dalam suatu materi maka pembelajaran yang disampaikan oleh guru menjadi lebih sistematis.

3) Misal
 $p = \text{panjang}$
 $l = \text{lebar}$
 $2(p+l) = 72 \quad (1)$
 $l = p - 12 \quad (2)$
 Jawab: $2(p+l) = 72$
 $2(p+(p-12)) = 72$
 $2(2p-12) = 72$
 $4p - 24 = 72$
 $4p = 72 + 24$
 $4p = 96$
 $p = 24$
 $l = p - 12$
 $l = 24 - 12$
 $l = 12$

Gambar 1. Penyelesaian Soal SPLDV oleh Murid

Konsep atomistik juga berlaku pada proses penurunan rumus dari konsep paling dasar ke konsep yang lebih rumit. Pada soal SPLDV di gambar 1, guru memberikan soal cerita yang membuat murid harus menafsirkan bahasa natural ke model matematika. Untuk memahami konsep matematika secara efektif, diperlukan kemampuan generalisasi dan abstraksi tingkat tinggi. Dengan kata lain, murid harus memiliki keterampilan mengidentifikasi pola, menghubungkan berbagai ide matematika, dan menerapkan pengetahuannya pada situasi matematika yang beragam. Soal ini mengandung keterkaitan konsep antara SPLDV dengan keliling persegi panjang.

Keliling persegi panjang adalah sebagai materi prasyarat yang harus dikuasai murid sejak SD. Dalam soal ini murid harus mengidentifikasi panjang (p), lebar (l) layaknya atom pada materi prasyarat kemudian menuangkannya dalam rumus keliling persegi panjang $= 2(p + l)$ layaknya atom membentuk ikatan molekul baru. Murid juga menurunkan rumus baru dengan melakukan substitusi perbandingan panjang dan lebar persegi panjang ke dalam rumus keliling layaknya pergerakan atom-atom. Guru bisa membangun konsep pemahaman murid yang lebih tinggi lagi dengan menanyakan pertanyaan mendasar (atom) kepada murid seperti apa hubungan soal tersebut dengan SPLDV. Pertanyaan ini akan membuat murid berefleksi bahwa masih banyak variabel selain x dan y di dunia ini. Murid akan menyadari manfaat mempelajari sistem persamaan linier dua variabel sebagai konteks aplikatif matematika kehidupan nyata yang tidak abstrak.



Gambar 2. Penyelesaian Soal SPLDV oleh Murid

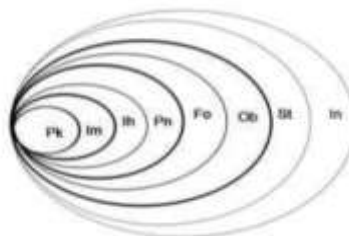
Salah satu materi prasyarat pada fungsi kuadrat adalah menguasai kemampuan mencari akar-akar persamaan kuadrat. Gambar 2 menunjukkan pekerjaan salah satu murid yang menyelesaikan masalah yang diberikan guru dengan cara yang berbeda namun menunjukkan keterampilan berpikir kritis dan logis. Soal tersebut meminta murid untuk menentukan koordinat titik potong grafik dengan sumbu x . Murid tersebut melakukan operasi matematis dengan menggunakan sifat distributif untuk mencari akar-akar persamaan kuadrat yang diketahui alih-alih menggunakan penfaktoran dengan penalaran. Awalnya murid tersebut memecah koefisien menjadi atom-atom yang dimisalkan sebagai variabel a_1 dan a_2 lalu mengidentifikasi nilainya dengan cara menghubungkan konsep persamaan kuadrat yaitu komponen hasil kali akar-akar (disebut $a_1 \times a_2$) dan komponen jumlah akar-akar (disebut $a_1 + a_2$) dengan penalaran yang dibangunnya. Komponen-komponen ini jika dianalogikan mirip dengan ikatan atom misal Na dan Cl yang membentuk molekul baru $NaCl$. Setelah itu dia mensubstitusikan nilai a_1 dan a_2 ke persamaan awal sehingga terbentuk persamaan baru. Supaya mendapatkan nilai akar-akar persamaan yaitu x_1 dan x_2 dia menggunakan sifat distributif untuk memecah kembali persamaan layaknya memecah ikatan molekul $NaCl$ menjadi Na dan Cl .

$$x(3x - 4) + 1(3x - 4)$$

menjadi

$$(x + 1)(3x - 4)$$

Proses matematisasi yang dilakukan murid tersebut meski tidak cepat namun mencerminkan pemahaman konsep yang mendalam dan merupakan kompetensi esensial yang melibatkan serangkaian langkah kritis. Dia telah menunjukkan kemampuan numerasi yang kuat, meliputi penalaran kuantitatif, keterampilan merepresentasikan data dalam bentuk angka variabel baru, pemahaman mendalam tentang prosedur matematis, serta mahir dalam berhitung cepat secara mental dan melakukan estimasi (penaksiran). Murid berhasil mengenali dan merumuskan situasi nyata ke dalam konsep matematika. Selanjutnya, membangun model sendiri berdasarkan situasi tersebut, menganalisis dan merefleksikan modelnya secara kritis, lalu memecahkan masalah, dan akhirnya menghubungkan kembali solusi ke dalam konteks awal.



Gambar 3. Lapisan Pemahaman model Pirie & Kieren

Jika dianalisa menggunakan delapan level lapisan pemahaman konsep murid yang dikemukakan oleh Pirie dan Kieren maka murid tersebut sudah berada di tahap pemahaman konsep investing yang merupakan tingkat pemahaman konsep tertinggi, di mana siswa tidak hanya memiliki pemahaman yang terstruktur, tetapi juga mampu menciptakan konsep baru sebagai respons terhadap pertanyaan atau permasalahan yang muncul.

Konsep pemahaman dibagi menjadi delapan tingkatan yang berurutan (Pirie, S & Kieren, 1994) yaitu *primitive knowing, image making, image having, property noticing, formalizing, observing, structuring, dan inventising*. Model level pemahaman konsep ini dianalogikan seperti bawang berlapis yang ditunjukkan pada gambar 3. Analogi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat penguasaan konsep seorang siswa, pemahaman mereka akan terlihat semakin matang pada lapisan yang lebih luar dari bawang tersebut. Artinya, kemampuan siswa untuk menguasai dan menggunakan konsep akan semakin mendalam dan kompleks seiring berjalannya waktu seperti atom-atom yang membentuk molekul-molekul dengan ikatan yang kompleks. Ini sekali lagi membuktikan jika pembelajaran matematika dilakukan dengan pendekatan analogi teori atomistik maka dapat menghasilkan pemahaman konsep yang tinggi yang sangat berdampak bagi keberhasilan murid.

Guru yang mengajarkan materi deret aritmatika mengatakan penurunan rumus bisa dilakukan dengan mengingat kembali konsep sebelumnya seperti ketika guru menurunkan rumus jumlah deret aritmatika seperti berikut:

$$S_n = \frac{1}{2}(a + Un) \quad (1)$$

$$U_n = a + (n - 1)b$$

substitusi U_n ke dalam S_n sehingga menjadi

$$S_n = \frac{1}{2}(a + a + (n - 1)b)$$

$$S_n = \frac{1}{2}(2a + (n - 1)b) \quad (2)$$

Proses substitusi rumus ini menunjukkan adanya analogi seperti pergerakan atom dan perubahan susunan atom menjadi suatu molekul baru pada ikatan kimia. Guru yang mengajarkan tentang persamaan garis singgung lingkaran, mengatakan bahwa sebelum mengajarkan materi, dia mengingatkan murid kembali tentang materi prasyarat yaitu konsep dasar lingkaran diantaranya jari-jari lingkaran sebagai atom, juga mengingatkan tentang konsep dasar teorema Pythagoras seperti panjang sisi segitiga siku-siku sebagai atom dan operasi aljabarnya sebagai pergerakan atom. Setelah memahami materi prasyarat lingkaran barulah guru tersebut mengajarkan tentang persamaan lingkaran sebagai bentuk molekul dalam ikatan kimia. Kemudian mengajarkan tentang cara menurunkan rumus persamaan lingkaran menjadi garis singgung lingkaran.

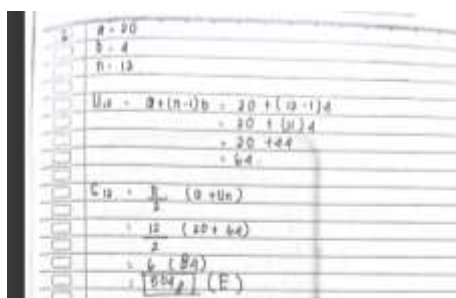
Menurut guru yang mengajar materi statistika, salah satu materi yang bisa diterapkan analogi teori atomistik adalah materi statistika. Pada materi ini guru bisa menganalogikan data sebagai atom dan proses menyajikan data ke dalam tabel atau diagram sebagai salah satu bentuk gerak atom. Pengumpulan dan penyajian data, serta konsep-konsep dasar ukuran pemusatan data seperti mean, median, dan modus juga menjadi salah satu materi prasyarat atau atom yang harus terlebih dahulu dipahami murid. Jika tidak maka murid tidak biasa melakukan penurunan rumus, karena penurunan rumus varians atau simpangan baku diperoleh dari deviasi mean. Guru menyusun bahan ajar secara hierarkis dari mulai penyajian data, ukuran pemusatan data, ukuran letak data, dan ukuran penyebaran data untuk memudahkan pemahaman murid. Kegiatan ini menunjukkan bahwa penurunan rumus yang dilakukan para subyek penelitian dengan cara pemberian pemahaman konsep yang hierarkis dan pemberian materi yang terstruktur sesuai analogi konsep atomistik yang dikemukakan Lucippus.

Tabel 2. Kuantitas Penerapan Atomistik pada Evaluasi Konsep Matematika

Topik Materi	Analisis Atom dalam Soal	Diagnosis Kesulitan pada Akar Masalah	Evaluasi Konsep Per Atom	Latihan Penguatan per Atom
Barisan Aritmatika	Sering	Sering	Sering	Sering
Perbandingan	Sering	Pernah	kadang-kadang	Sering
SPLDV dan SptLDV	sangat sering	sangat sering	sangat sering	sangat sering
Barisan Aritmetika	Sering	Sering	Sering	Sering
Lingkaran dan Garis Singgungnya	Sering	Sering	Sering	Sering
Program Linier	Sering	Sering	kadang-kadang	Sering
Kaidah Pencacahan	sangat sering	sangat sering	Sering	sangat sering
Statistik	Sering	Sering	Sering	Sering

Penerapan konsep atomistik dalam kegiatan evaluasi guru adalah kegiatan menyusun lembar kerja dan latihan soal evaluasi per atom. Evaluasi per atom memudahkan guru dalam mengevaluasi tingkat keberhasilan murid dalam setiap atom capaian pembelajaran. Guru membimbing murid mengidentifikasi bagian-bagian kecil (data, variabel) pada soal pemecahan masalah. Guru yang mengerjakan materi sistem persamaan dan pertidaksamaan linier dua variabel meminta murid mengidentifikasi variabel, koefisien, atau tanda persamaan dan pertidaksamaan. Guru yang mengajarkan deret aritmatika membuat latihan soal menentukan beda suatu deret aritmatika saja sebagai

cerminan latihan penguatan per atom agar murid menguasai konsep dasar terlebih dahulu sebelum mengajarkan rumus suku ke-n suatu deret aritmatika.



The image shows a student's handwritten solution for an arithmetic sequence problem. The given values are $a = 20$, $b = 4$, and $n = 13$. The student uses the formula for the n -th term, $U_n = a + (n-1)b$, to find U_{13} . The calculation is as follows: $U_{13} = 20 + (13-1) \cdot 4 = 20 + 12 \cdot 4 = 20 + 48 = 68$. Then, the student uses the formula for the sum of the first n terms, $S_n = \frac{n}{2} (a + U_n)$, to find S_{13} . The calculation is: $S_{13} = \frac{13}{2} (20 + 68) = \frac{13}{2} (88) = 13 \cdot 44 = 572$. The final answer is $S_{13} = 572$.

Gambar 4. Penyelesaian Soal Deret oleh Murid

Pada gambar 4 guru meminta murid untuk mengidentifikasi suku pertama (a) dan beda deret (b) serta jumlah suku (n) dari suatu deret aritmatika. Setelah itu guru meminta murid tersebut untuk mencari jumlah n suku pertama dari deret aritmatika yang diketahui. Langkah yang dilakukan murid adalah mencari nilai U_n terlebih dahulu baru nilai S_n . Setelah murid menemukan nilai S_n , guru bertanya pertanyaan mendasar (atom) ke murid mengapa murid menggunakan rumus S_n ke (1) bukan rumus ke (2) dan apa perbedaan penggunaan rumus S_n ke (1) dan S_n ke (2). Pertanyaan terbuka seperti ini akan melatih keterampilan berfikir kritis murid karena membuat mereka paham bahwa secara tidak langsung mereka telah mensubstitusi rumus U_n ke dalam S_n dan menghasilkan rumus baru. Murid juga akan lebih siap jika dihadapkan kepada soal yang bervariasi, karena pemahaman mereka tidak sebatas mengaplikasikan rumus ke dalam soal saja. Latihan soal dibangun atom per atom agar pemahaman yang dimiliki murid tersusun secara hierarkis. Bagi murid yang belum menguasai konsep atomnya, guru juga bisa menentukan pemberian remedial yang sesuai dengan tingkat pemahaman murid secara efisien dan efektif.

Diagnosis masalah per atom juga dilakukan oleh guru yang mendapati muridnya masih kesulitan dalam membedakan perbandingan berbalik nilai dan senilai dalam soal kontekstual ataupun materi lain di matematika. Ini mengakibatkan murid kesulitan untuk mempelajari topik matematika yang lain. Konsep perbandingan dan operasinya adalah atom untuk mempelajari topik matematika yang lain. Untuk itu guru memberikan soal-soal cerita dan fokus pada pemahaman konsep tentang ciri perbandingan berbalik nilai dan senilai. Guru yang mengajar materi permutasi dan kombinasi mengidentifikasi bahwa beberapa murid masih kesulitan membedakan masalah yang dihadapi, yaitu menyelesaikan masalah soal cerita. Murid bingung apakah masalah tersebut bisa diselesaikan dengan permutasi ataukah dengan kombinasi. Untuk itu guru sebaiknya memberikan evaluasi mencakup tes penguasaan yang berfokus pada setiap "atom" (konsep dasar) yang telah diajarkan yaitu tentang ciri-ciri permutasi dan kombinasi. Sehingga diharapkan murid dapat membedakan pilihan penyelesaian masalah. Setelah murid menguasai konsep tersebut, guru bisa mengajarkan materi selanjutnya yang lebih kompleks seperti faktorial dan rumus permutasi dan kombinasi. Dari soal cerita diverbalisasikan dan dibangun menjadi struktur pembuktian yang terorganisir dari definisi. Lalu dituangkan dalam simbolis (atom), pembuktian sifat-sifat tertentu dapat dilakukan menggunakan perhitungan aritmatika yang mungkin dilihat sebagai pergerakan atom, dan berkembang menjadi pembuktian lewat manipulasi aljabar.

Jika murid belum menguasai konsep dasar dan dipaksakan lanjut ke materi yang lebih kompleks maka proses pemahaman konsep akan terganggu, yang mengakibatkan ketidakpahaman yang lebih fatal. Ini disebabkan setiap definisi pada suatu konsep matematika merupakan hasil dari suatu proses yang kompleks dan mengandung konsep-konsep tambahan yang juga perlu didefinisikan. Di semua cabang matematika, teorema matematika memiliki ciri bahwa teorema-teorema tersebut diturunkan secara logis, deduktif, dan konsisten dari suatu sistem teorema elementer yang disebut dengan aksioma (B.S. Ilany, 2010). Teorema elementer ini adalah teorema matematika dasar yang dapat dibuktikan berdasarkan aksioma, definisi, atau teorema lain yang sudah terbukti sebelumnya. Konsep "elementer" biasanya mengacu pada topik matematika dasar, seperti aljabar elementer yang menggunakan simbol (variabel) untuk mewakili bilangan, atau geometri dasar layaknya "atom".

Konsep atomistik mengharuskan murid untuk membentuk sistem pengetahuan dari atom-atom dan menggabungkan pengetahuan baru ke dalam sistem pengetahuan awal. Guru mengorganisir murid untuk meninjau pengetahuan dan metode, serta memasukkan pengetahuan lanjutan yang terkait dengannya dengan tepat. Dalam proses pembentukan sistem, guru dapat membantu murid memilahnya dalam bentuk atom-atom konsep dasar materi. Selain itu, perlu untuk mempopulerkan berbagai aplikasi pengetahuan ini dalam kehidupan praktis bagi murid semaksimal mungkin. Melalui integrasi berbagai pengetahuan dan informasi, struktur kognitif murid direkonstruksi dan pemahaman mereka tentang makna pengetahuan diperdalam.

4. Kesimpulan

Konsep atomistik Leucippus memberikan kerangka filosofis yang kuat untuk memahami struktur konsep matematika. Penerapannya sebagai analogi dalam pembelajaran, membuat murid tidak hanya memahami matematika secara mekanis, tetapi juga secara konseptual dan reflektif. Analogi ini menegaskan bahwa pengetahuan matematika bisa dipahami jika disajikan secara hierarkis per atom dan interaktif, sebagaimana atom membentuk materi. Integrasi pemahaman filosofis atomistik ini dapat meningkatkan kemampuan reflektif dan konseptual murid terhadap matematika. Guru mata pelajaran matematika disarankan mengintegrasikan pendekatan analogi filosofis atomistik dalam materi dan proses pembelajaran untuk memperdalam pemahaman konseptual murid. Sedangkan kurikulum perlu memberi ruang bagi refleksi filsafat ilmu dalam pelajaran matematika. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model empiris penerapan analogi atomistik dalam kelas matematika.

Referensi

1. Ani, N. K., Garminah, N. N., & Suartama, I. Kadek, "Pengaruh Model Pembelajaran CRH Berbantuan LKS Murid Kelas IV SD", E-Journal PGSD Universitas Pendidikan Ganesha, 4(1), 1–12. 2016.
<https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPGSD/article/viewFile/7331/5001>
2. Burton, L., "Why is Intuition So Important to Mathematics?", Educational Studies in Mathematics, 19(3), 229–249. 1999.
<https://flm-journal.org/Articles/2F55B04AB06CE01EC5602F306993D7.pdf>
3. B.S. Ilany & B. Margolin, "Language and Mathematics: Bridging between Natural Language and Mathematical Language in Solving Problems in Mathematics", Journal: Scientific Research Publishing. Vol.1, No.3, pp.138-148, September. 2010.
<https://doi.org/10.4236/ce.2010.13022>
4. Barnes, Jhonatan. "The Arguments of the Philosophers", University Library, Cambridge., 290-291. 1982.
<https://www.fhs.unizg.hr/download/repository/Barnes%20Presocratic%20Philosophers.pdf>
5. Darsinah, D., "Implementasi teori perkembangan kognitif Jean Piaget dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar", Jurnal Papeda: Jurnal Publikasi Pendidikan Dasar, 3(2), 153-162.2021
<https://e-journal.unimudatorong.ac.id/index.php/jurnalpendidikandasar/article/view/1793/878>
6. Fatra M., Rizki, Tita K.M., "Concept-Based Learning Dan Kemampuan Berfikir Kritis Matematis", Algoritma: Journal Of Mathematics Education, Vol.2, No.1, pp.3-4, Juli. 2020.
<https://doi.org/10.15408/ajme.v2i1.16314>
7. Guna, F., "Analogi dalam Ajaran Thomas Aquinas", Limen : Jurnal Agama Dan Kebudayaan, 8(2). April. 2020.
<https://doi.org/10.61792/lim.v8i2>
8. Hatip, A., & Setiawan, W, "Teori kognitif Bruner dalam pembelajaran matematika", Jurnal: PHI: Jurnal Pendidikan Matematika, 5(2), 87–97. 2021.
<http://dx.doi.org/10.33087/phi.v5i2>
9. Hiebert, J., & Carpenter, T. P., "Learning and Teaching with Understanding. In D. A. Grouws (Ed.), Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. Macmillan, Vol. , No. , pp.5-6, 1992.
<https://doi.org/10.4236/ce.2010.13022>
10. Istvan Hargittai. "Stephen F. Mason—structural chemist and historian of science—a centenary remembrance". Structural Chemistry 34:741–749, September. 2022.
<https://doi.org/10.1007/s11224-022-02043-6>
11. Li, C., & Wen, F., Promoting Deep Learning in Mathematics Education —Based on Understanding by Design Theory. Academic Journal of Mathematical Sciences, 4(4), 57–61. 2023
<https://doi.org/10.25236/AJMS.2023.040409>
12. Nurhayati, Sugiatno & Romal Ijuddin. "Pemahaman Konseptual Siswa Dalam Materi Spldv Berdasarkan Kemampuan Matematika Di Kelas IX", Jurnal Ilmu Pengetahuan Khatulistiwa. Vol.3, No.6, pp.1213-1219.2024.
<https://doi.org/10.26418/jppk.v13i6.81841>
13. Piere, S. & Kieren, T. (1994) Growth in Mathematical Understanding: How we Can Characterize it an How can Represent it. Education Studies in Mathematics, 9, 160-190.
14. Sagala, V & Kusmiyati, Sucipto. "Peningkatan Lapisan Pemahaman Konsep Bangun Datar Mahasiswa Calon Guru Dengan Penerapan Model Pembelajaran Praktak", MUST:Journal of Mathematics Education, Science and Technology, Vol.3, No. 2, pp.152 -164, Desember. 2018.
<https://doi.org/10.30651/must.v3i2.1845>
15. Sujito, S., Sunardi, S., Maâ'ruf, M., & Hartini, S., "Paradigma Teori Atom Lintas Waktu", Jurnal Filsafat Indonesia, 2(1), 42–51. 2019
<https://doi.org/10.23887/jfi.v2i1.17551>
16. Sutarjo A. Wiramiharja., "Pengantar Filsafat: Sistematika Sejarah Filsafat Logika dan Filsafat Ilmu (Epistemologi) Metafisika dan Filsafat Manusia Aksiologi". Bandung: PT. Rafika Aditamam, 114-115. 2006
<https://idr.uin-antasari.ac.id/18208/1/Pengantar%20Filsafat%20AII-70.pdf>
17. Rahmatullah, M. Jaya & Khoirunnisa, Azkia. "Dari Atom ke Takdir: Relevansi Atomisme Democritus dalam Sains dan Filsafat", jurnal.fanshurinstitute.org, 1(1), 5-6. 2025
<https://jurnal.fanshurinstitute.org/index.php/hermeneutics/article/view/352>
18. Silvia, Evy Yosita & Zulkardi, Darmawijoyo, "Pengembangan Soal Matematika Model Pisa Pada Konten Uncertainty Untuk Mengukur Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Sekolah Menengah Pertama", Ejournal Unsri : Jurnal Pendidikan Matematika, Vol.5, No. 1, pp.3-4. 2011.
<https://doi.org/10.22342/jpm.5.1.335>
19. Yanti, A.W & Ariska, Finnah, Umi, "Pemahaman Konsep Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Pada Materi Fungsi Kuadrat Menurut Teori Kilpatrick", MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology: Vol. 7, No. 1, pp. 4-6, Juli. 2022.
<https://doi.org/10.30651/must.v7i1.10938>