



## ANALISIS STRUKTUR PENALARAN SAINTIFIK DALAM PEMBELAJARAN IPA SISWA SD DI KOTA AMBON

**Johanes Pelamonia**

Dosen Program Pendidikan Guru Sekolah Dasar, FKIP-Universitas Pattimura

e-mail: [pelamonia\\_janes@yahoo.com](mailto:pelamonia_janes@yahoo.com)

---

### ARTICLE INFO

---

#### *Article History:*

Accepted 08 April 2016

Available online 20 April 2016

---

#### *Keywords:*

Penalaran saintifik,  
arsitektur kognitif,  
pembelajaran IPA

---

### ABSTRACT

Telah dilakukan penelitian untuk melihat proses penalaran pada siswa sekolah dasar di Kota Ambon. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan fenomenologi untuk menggambarkan struktur penalaran siswa sekolah dasar dalam pembelajaran sains. Data dalam penelitian ini dikumpulkan dengan menggunakan teknik tes tertulis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa (1) Penalaran terjadi ketika seseorang mampu menciptakan model mental yang kompatibel dengan realitas. (2) Keterampilan bernalar sudah dimiliki seseorang ketika lahir dan perkembangan penalaran merupakan dipengaruhi perkembangan pengetahuan. (3) Struktur pengetahuan bergantung pada kapasitas memori kerjanya memahami makna verbal dari suatu konsep dan menghubungkannya dengan konsep lain.

---

### PENDAHULUAN

Pengetahuan awal sering pula berubah wujud menjadi sebuah keyakinan yang disebut sebagai *Epistemological Belief* yang cenderung dipertahankan oleh siswa ketika dihadapkan pada bukti-bukti yang tidak sesuai. Carey (1999) yang dikutip oleh Odzemir & Clark (2007) menyatakan bahwa anak-anak biasanya menghubungkan konsep-konsep ke dalam suatu struktur kognitif dengan menggunakan keyakinan (*intuitive*). Keyakinan epistemologis adalah cara mendekati suatu informasi yang sering menghalangi penerimaan seseorang terhadap suatu konsepsi baru yang lebih relevan, yang berarti dapat menghalangi proses perubahan konseptual (Valanides &

Angeli, 2005). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kaymak & Bekiroghu (2013) pada siswa sekolah menengah menyarankan bahwa untuk mendorong perubahan konseptual pada domain spesifik, maka keyakinan epistemologis harus dirubah melalui pembelajaran. Mendorong perubahan konseptual untuk membangun suatu struktur kognitif yang benar-benar valid membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*high order thinking*). Artinya, anasir-anasir yang dikemukakan dalam model-model perubahan konseptual belumlah memadai. Asumsinya, harus ada variabel instrumental yang menghubungkan perubahan konseptual dan faktor-faktor penyebabnya. Asumsi ini sebenarnya sudah tercantum dalam penelitian Valanides & Angeli (2005) yang mengintegrasikan berpikir kritis untuk merubah *epistemological beliefs* siswa dan mendorong perubahan konseptual. Namun jika merujuk pada konsepsi Thagard (1990) bahwa konsep baru jarang sekalidihasilkan dari pengalaman tetapi dari konsep yang sudah ada sebelumnya, maka jenis berpikir tingkat tinggi yang tepat adalah penalaran. Penalaran saintifik dapat digunakan sebagai instrumen mental, yang pada sisi lain bisa mendorong konsep baru dari pengalaman indrawi maupun memproduksi konsep baru dari konsep yang sudah ada sebelumnya (Metallidou, *et.al* 2012).

Siswa yang memiliki penalaran yang baik akan dengan mudah dapat merubah konsepsi awal sebelum pembelajaran dengan baik. Park & Han (2002) juga menyimpulkan bahwa penalaran deduktif memiliki peran penting dalam perubahan konseptual. Ada bukti riset awal yang telah menemukan keterlibatan penalaran saintifik dalam mendorong perubahan konseptual. Penelitian Lawson & Worsnop (2003) dalam Liao & She (2009) menemukan bahwa siswa sekolah menengah yang memiliki tingkat penalaran yang baik cenderung untuk tidak mempertahankan konsepsi awal sebelum pembelajaran tentang evolusi dan penciptaan. Penalaran saintifik adalah keterampilan yang penting untuk dimiliki oleh siswa. Hal ini hampir terlihat dari pendapat-pendapat yang dikemukakan oleh Silk (2009), Eskin & Bekirodu (2009), Lawson (2010), Zeinudin & Khalik (2009). Mereka menjelaskan bahwa salah satu tujuan pembelajaran sains dalam era perkembangan teknologi dan informasi adalah membantu agar dapat bernalar secara rasional atau penalaran saintifik (*scientific reasoning*) serta mampu mengkomunikasikan pengetahuannya kepada orang lain.

Beberapa dekade terakhir, penelitian-penelitian yang menjelaskan fenomena bernalar pada manusia memunculkan konsepsi yang berlawanan. *Theoretical logic* dan *mental model* adalah dua pandangan yang berbeda tentang proses penalaran pada manusia. Tesis: *penalaran ditentukan adalah penguasaan mekanisme inferensi*. Teori ini lebih dikenal sebagai *mental logic* atau logika mental. Teori *mental logic* menekankan bahwa penalaran memiliki pengetahuan tentang makna dari suatu term logikal dan bahasa serta menggunakan pengetahuan tersebut untuk mengkonstruksi atau menemukan skenario alternatif. Dengan demikian, representasi internal menyediakan suatu bentuk struktural dari kondisi yang dinyatakan dalam proposisi (Goel *et.al.*, 2000). Kesimpulan atau solusi yang valid ditentukan oleh penerapan langkah-langkah inferensi yang sah. Menurut Rips (1994), semua individu dilengkapi dengan perangkat aturan mental inferensi dan mampu menerapkan aturan-

aturan tersebut dalam bentuk logis melalui premis-premis untuk menghasilkan suatu kesimpulan. Oleh karena itu, kesulitan bernalar lebih disebabkan karena dua faktor yaitu (1) banyaknya aturan yang digunakan untuk mencapai kesimpulan, dan (2) kerumitan menerapkan setiap aturan tersebut. Artinya, seseorang mampu bernalar dengan baik jika mampu menguasai berbagai aturan penalaran. Antitesis: *penalaran ditentukan oleh kemampuan mengkonstruksi model mental*. Teori ini lebih dikenal sebagai *mental model*. Teori mental model lebih menekankan pandangannya pada asumsi bahwa kemampuan mengkonstruksi dan memanipulasi model mental (Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird & Byrne, 1991). Teori ini terdiri dari 3 tahapan penting yaitu konstruksi model, abstraksi kesimpulan sementara dan menerapkannya pada suatu kondisi tertentu. Posisi dialektis ini membutuhkan kajian lebih komprehensif untuk membuktikan kebenaran asersi dari masing-masing teori.

Penelitian tentang perkembangan penalaran saintifik terutama dalam pembelajaran sains masih sangat jarang dilakukan di Indonesia termasuk di Maluku. Proses pembelajaran sains cenderung dilakukan dengan mewajibkan siswa menghafal fakta atau konsep-konsep sains. Akibatnya, terjadi disparitas yang lebar antara sains sebagai konsep dan konteks kehidupan nyata. Siswa tidak dapat mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam konteks kehidupan sehari-hari. Pembelajaran sains harus mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Penekanan pembelajaran pada penalaran saintifik akan memicusiswa untuk memahami sains secara mendalam. Penelusuran informasi yang berkaitan dengan penalaran saintifik lebih banyak menyebutkan upaya pemberdayaan melalui penerapan-penerapan strategi pembelajaran. Penelitian yang berkaitan dengan pemetaan dan karakterisasi perkembangan penalaran saintifik belum banyak dilakukan. Dengan demikian, diperlukan penelitian secara komprehensif untuk mengungkapkan ketrampilan penalaran saintifik pada siswa sekolah dasar. Berdasarkan uraian-uraian yang dikemukakan di atas, maka urgensi penelitian ini adalah: 1) Pentingnya melakukan kajian penalaran saintifik pada siswa SD dalam pembelajaran sains. (2) Perlunya penelitian untuk mengungkapkan arsitektur kognitif siswa dalam indikator-indikator penalaran saintifik?.

## **METODE**

### **Subjek**

Penelitian didesain secara kualitatif dengan pendekatan fenomenologi. Secara umum, fokus penelitian meliputi arsitektur kognitif dan struktur penalaran saintifik siswa. Fokus penelitian ini didasarkan pada argumentasi Dawson (2013) bahwa berpikir adalah suatu proses yang melibatkan manipulasi pengetahuan operasional dalam konteks sistem kognitif. Oleh karena itu, cakupan penelitian ini adalah memetakan pengetahuan operasional dalam konteks sistem kognitif yang digunakan siswa untuk menalar fenomena-fenomena sains yang diberikan. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa sekolah dasar yang diambil secara acak dari 4 sekolah dasar di Kota Ambon. Dari masing-masing sekolah diambil 4 orang siswa sebagai

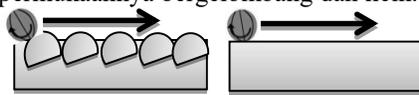
subjek penelitian. Subjek yang digunakan dalam penelitian ini merupakan siswa SD kelas V yang belum pernah dilatih untuk menggunakan kaidah-kaidah penalaran.

**Prosedur Pengumpulan Data**

Data penalaran silogisme diperoleh dengan menggunakan teknik pengumpulan data yaitu tes tertulis. Materi yang digunakan dalam tes tertulis untuk penalaran adalah materi pembelajaran sains yang sudah diajarkan kepada siswa kelas V. Dalam tes tertulis, subjek penelitian diberikan soal tes penalaran yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Soal Tes Penalaran

No	Pernyataan	Pertanyaan
1	Tubuh kita dapat berdiri tegak dan mempunyai bentuk karena adanya kerangka tubuh. Perhatikan gambar di samping	Apakah sikap duduk terus-menerus seperti ini dapat menyebabkan perubahan bentuk rangka? <b>Jawab</b> a. Ya b. Tidak Mengapa demikian?
2	Pernyataan A : Semua ikan bernafas dengan insang Pernyataan B : Ikan paus bernafas dengan paru-paru Kesimpulan : Ikan paus tidak termasuk dalam jenis-jenis ikan	Dari 3 pernyataan di atas, manakah pernyataan yang salah? <b>Jawab:</b> a. Pernyataan A salah b. Pernyataan B salah c. Kesimpulan salah Mohon dijelaskan:
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Semua tumbuhan hijau melakukan fotosintesis dengan bantuan klorofil.</li> <li>Klorofil biasanya terdapat di daun dan berwarna hijau.</li> </ul> Perhatikan struktur tubuh tumbuhan kaktus!	<b>Pertanyaan:</b> Apakah tumbuhan Kaktus juga melakukan proses fotosintesis? <b>Jawab:</b> a. Ya b. Tidak <b>Mengapa demikian?</b>
4	Gaya gesek merupakan gaya yang menimbulkan hambatan ketika dua permukaan benda saling bersentuhan. Pada gambar di bawah ini, ada dua buah bola diluncurkan pada lantai yang permukaannya bergelombang dan licin.	Manakah bola yang meluncur paling cepat? <b>Jawab:</b> a. Lantai yang mempunyai permukaan bergelombang lebih cepat b. Lantai yang mempunyai permukaan licin lebih cepat c. Sama-sama cepat <b>Mengapa demikian?</b>



Subjek diminta untuk menuliskan hasil analisa pada lembar jawaban. Selanjutnya jawaban siswa akan dianalisis untuk mengurai arsitektur kognitif dan struktur penalaran saintifik.

**Analisis Data**

Data hasil tes berupa uraian yang diberikan siswa dalam menganalisis struktur penalaran yang diajukan akan diinterpretasi secara kualitatif sehingga diperoleh makna sesuai fokus penelitian. Jawaban yang siswa akan dianalisis dengan mengurai pola penalaran yang terkandung didalamnya. Analisis terhadap penalaran saintifik menggunakan indikator penalaran saintifik yang dikembangkan oleh lawson (2003)

yang terdiri dari: (1) kemampuan menganalisis, (2) membuat kesimpulan dari 2 premis, (3) membuat generalisasi dari fenomena, dan (4) menganalisis dan mengkorelasikan dua fenomena yang mirip. Analisis struktur kognitif meliputi identifikasi elemen-elemen dasar dalam kognisi (*basic elements*), prinsip pengorganisasian (*organizing principles*) dan mekanisme penyimpulan (*inferential mechanism*) (Van Geenen & Witteman, 2006). Elemen-elemen dasar kognitif dapat berupa konsep (*concept*), kejadian (*event*) atau keduanya.

## HASIL

### Arsitektur Kognitif

Analisis struktur kognitif siswa diperlukan untuk mengetahui sistem kognitif yang digunakan siswa ketika melakukan penalaran saintifik. Pada penelitian ini, subjek penelitian diambil sebanyak 5 orang siswa pada masing-masing sekolah dan hanya 2 siswa yang mewakili subjek setiap sekolah. Struktur kognitif siswa dianalisis melalui argumentasi siswa terhadap fenomena yang diberikan. Berikut akan dijelaskan struktur kognitif penalaran pada siswa sekolah dasar. Analisa struktur kognitif dilakukan pada indikator-indikator penalaran saintifik. Berikut akan paparan data hasil analisa struktur kognitif.

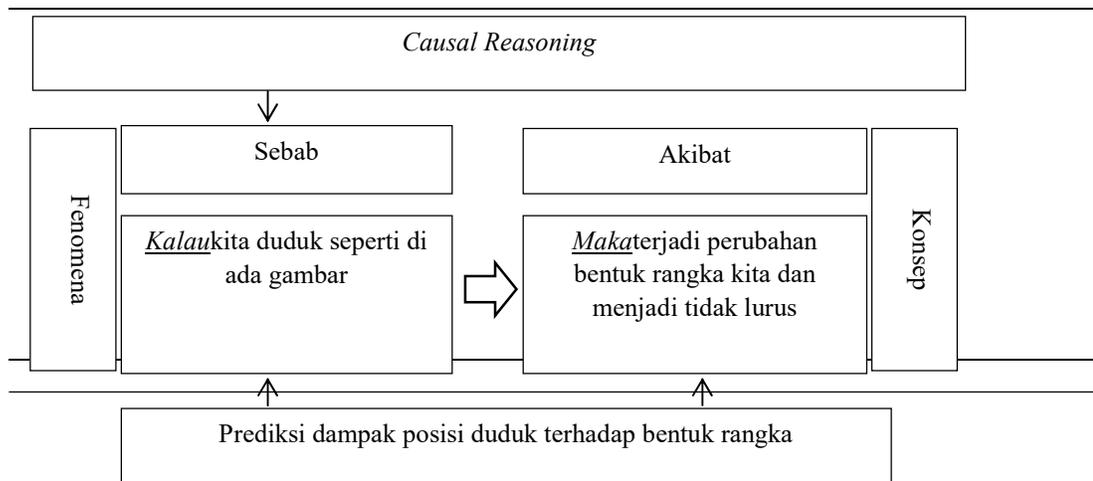
### Kemampuan Menganalisis

Kemampuan menganalisis merupakan salah satu indikator penalaran saintifik. Pertanyaan yang berkaitan dengan kemampuan analisis adalah siswa dihadapkan gambar mengenai fenomena posisi duduk yang benar. Setelah itu, siswa diminta melakukan analisis dampak posisi duduk terhadap bentuk rangka.

Tabel 2. Struktur kognitif informan S

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b> a. Ya	- Posisi duduk - Bentuk rangka	Konsep Sebab-Akibat	Prediksi
<b>Alasan:</b> Karena seharusnya lurus bukan seperti gambar. <i>Kalau</i> kita duduk seperti di yang gambar <i>maka</i> terjadi perubahan bentuk rangka kita dan menjadi tidak lurus.			
<b>Kode:</b> S/MIN-1			

## Arsitektur Kognitif



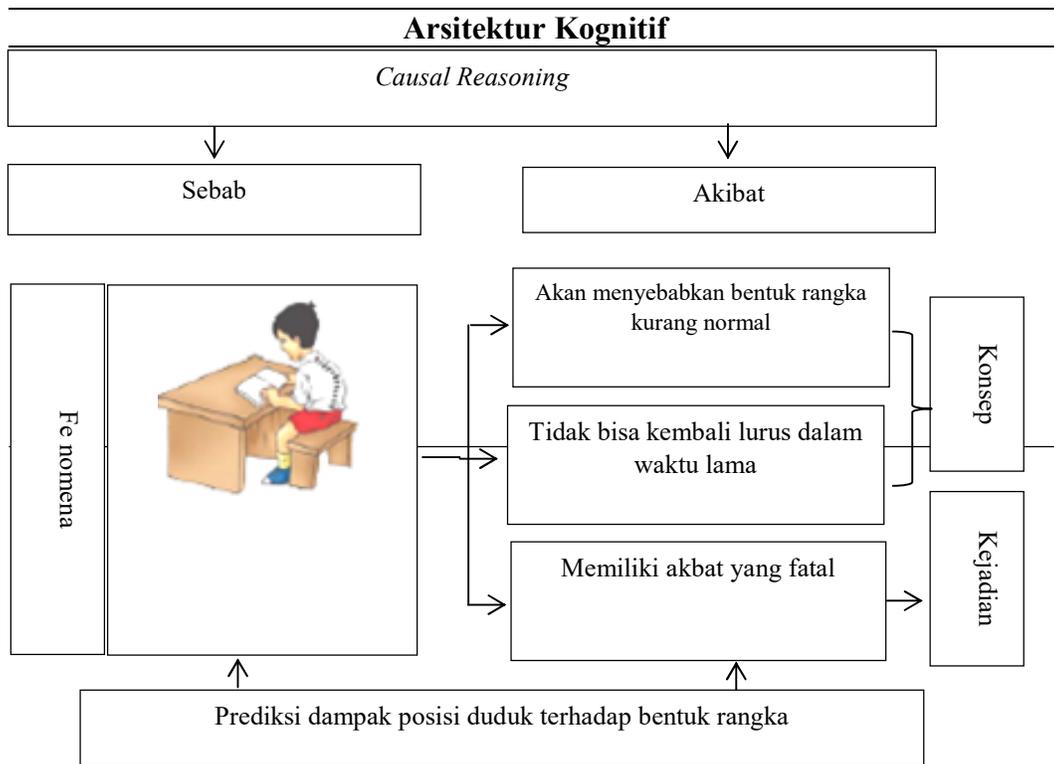
Gambar .1. Struktur kognitif informan S

Sumber: data diolah

Hasil pemetaan struktur kognitif informan S memperlihatkan bahwa argumentasi dibuat dengan unit dasarnya adalah konsep yang terdiri dari 2 konsep yaitu posisi duduk dan bentuk rangka. Informan juga melakukan pengorganisasian dengan pola argumentasi sebab-akibat dan mekanisme penyimpulan adalah prediksi. Informan menggunakan pola penalaran sebab-akibat untuk menjelaskan fenomena posisi duduk yang berakibat pada struktur rangka manusia. Informan tidak melakukan identifikasi terhadap posisi duduk yang sebenarnya tetapi memprediksi dampak yang akan terjadi. Pola yang serupa juga tampak pada jawaban yang dikemukakan oleh lainnya yaitu ADL. Informan ADL juga menggunakan model mental atau struktur kognitif yang mirip dengan informan S dalam menganalisis posisi duduk.

Tabel 3. Struktur kognitif informan ADL

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b> a. Ya	- Posisi duduk - Bentuk rangka	Sebab-Akibat	Prediksi
<b>Alasan:</b> Karena akan menyebabkan bentuk rangka kurang normal dan tidak bisa kembali lurus dalam waktu lama dan memiliki akibat yang fatal.			
<b>Kode: ADL/MIN-1</b>			



Gambar 2. Struktur kognitif informan ADL

Sumber: data diolah

Hasil pemetaan arsitektur kognitif informan ADL juga memperlihatkan bahwa argumentasi dibuat dengan unit dasarnya adalah konsep yang terdiri dari 2 konsep yaitu posisi duduk dan bentuk rangka. Informan juga melakukan pengorganisasian dengan pola argumentasi sebab-akibat dan mekanisme penyimpulan adalah prediksi. Berbeda dengan informan sebelumnya, ADL memberikan jawaban yang lebih kompleks karena menambahkan prediksi tentang kejadian yang akan timbul. Informan tidak hanya menduga secara konseptual bahwa posisi duduk akan mempengaruhi bentuk rangka tetapi juga akan berakibat fatal.

**Membuat Kesimpulan dari 2 Premis**

Membuat kesimpulan dari dua premis merupakan salah satu ciri penalaran saintifik. Dalam penelitian ini, analisis informan disajikan dengan pola penyimpulan silogistik. Informan diminta untuk menilai kesahihan dari setiap premis dan konklusi. Berikut adalah gambaran arsitektur kognitif siswa sekolah dasar dalam membuat kesimpulan dari 2 premis.

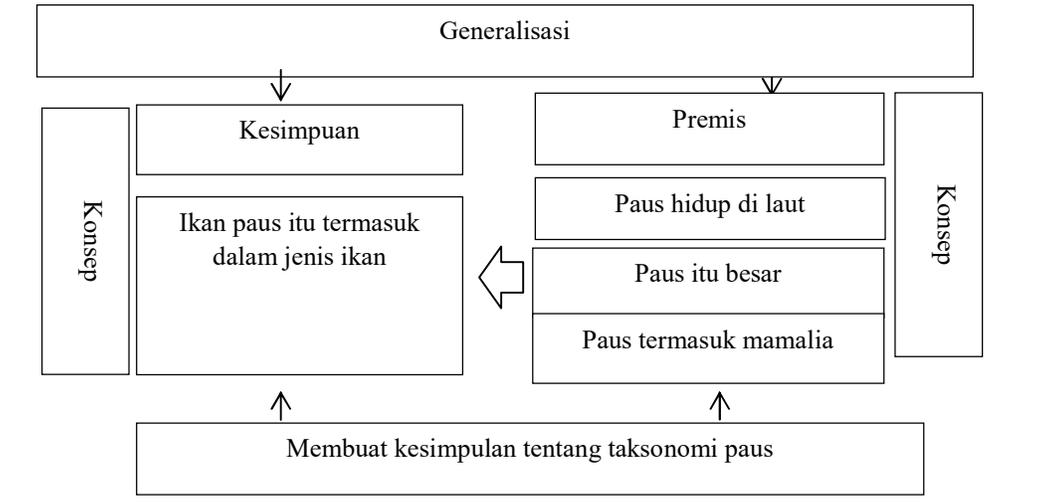
Tabel 4. Struktur kognitif informan S

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b>	- Habitat paus	Konsep	Mengelompokan
c. Kesimpulan salah	- Ciri paus		Melengkapi konsep
<b>Alasan:</b>	- Taksonomi		

Karena ikan paus itu paus termasuk dalam jenis ikan. Mengapa? paus hidup di laut dan paus itu besar, dan paus termasuk hewan mamalia.

**Kode: S/MIN-1**

**Arsitektur Kognitif**



Gambar 3. Struktur kognitif informan S

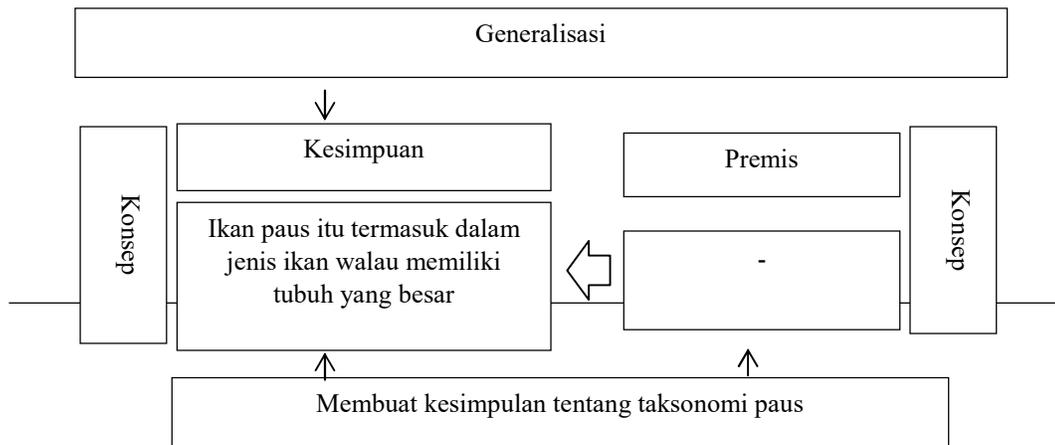
Sumber: data diolah

Hasil analisis struktur kognitif memperlihatkan bahwa informan S menggunakan beberapa konsep dasar untuk mengambil suatu kesimpulan tentang paus. Konsep dasar yang digunakan adalah habitat, ciri dan taksonomi paus. Informan menyampaikan terlebih dahulu kesimpulan tentang paus yang merupakan bagian dari ikan kemudian menyediakan premis dasar untuk mendukung kesimpulan tersebut. Premis yang digunakan adalah paus hidup di laut, ukuran paus yang besar dan paus sebagai mamalia. Prinsip pengorganisasian yang digunakan oleh informan adalah mengelompokkan dan mekanisme inferensi adalah melengkapi konsep. Dilihat dari kebenaran premis-premis dasar yang digunakan tampak bahwa informan menggolongkan paus sebagai ikan karena hidup di laut dan berukuran tubuh yang besar. Informan juga menambahkan bahwa paus adalah mamalia oleh karena itu dapat digolongkan sebagai ikan. Informan menggunakan premis yang kurang benar untuk mendukung kesimpulannya. Tidak semua hewan yang hidup di laut adalah ikan dan tidak semua hewan laut yang berukuran besar adalah ikan. Paus tidak termasuk dalam golongan ikan karena memiliki ciri yang berbeda yaitu bernafas dengan paru-paru serta menyusui. Oleh karena itu, paus lebih tepat dikategorikan sebagai mamalia. Berikutnya adalah analisa struktur kognitif informan ADL dalam membuat kesimpulan dari 2 premis.

Tabel 5. Struktur kognitif informan ADL

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<p><b>Jawab</b>                      c. Kesimpulan salah  <b>Alasan:</b>                      Karena ikan paus itu termasuk jenis ikan walau ikan paus itu memiliki tubuh yang besar tapi ikan paus itu golongan ikan.  <b>Kode: ADL/MIN-1</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taksonomi</li> <li>- Ukuran tubuh</li> </ul>	Konsep	-

**Arsitektur Kognitif**



Gambar 4. Struktur kognitif informan ADL

Sumber: data diolah

Hasil analisis struktur kognitif informan ADL dalam membuat kesimpulan berdasarkan 2 premis yang memperlihatkan bahwa informan membuat kesimpulan tanpa adanya premis yang mendukung. Informan hanya membuat pengecualian bahwa meskipun ukuran tubuh paus relatif besar tetapi termasuk dalam golongan ikan.

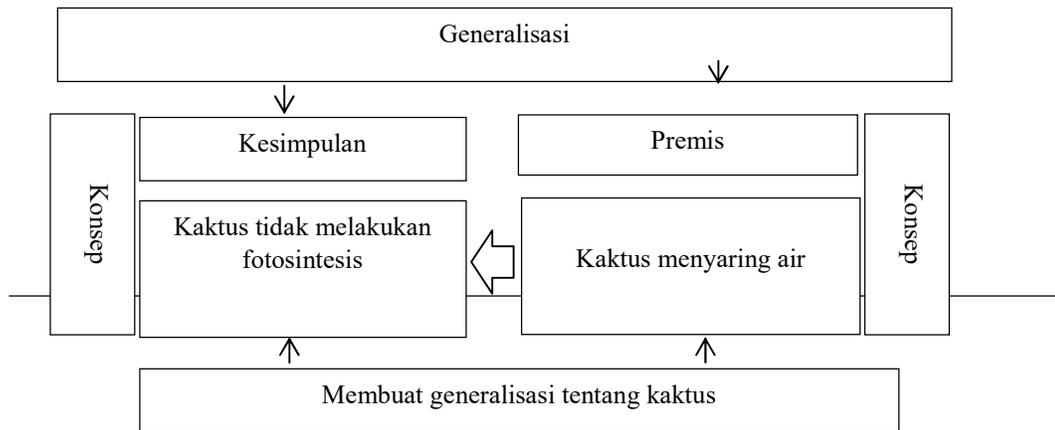
**Membuat Generalisasi Dari Fenomena**

Indikator penalaran saintifik yang ketiga adalah membuat generalisasi dari fenomena. Informan disajikan dengan fenomena dan diminta untuk membuat generalisasi dari fenomena yang diamati. Jawaban siswa akan menggambarkan struktur kognitif yang digunakan untuk membuat generalisasi. Berikut ini adalah hasil analisis struktur kognitif siswa.

Tabel 6. Struktur kognitif informan S

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b> b. Tidak <b>Alasan:</b> Karena kaktus menyaring air jadi kaktus tidak melakukan proses fotosintesis. <b>Kode: S/MIN-1</b>	- Kaktus menyaring air - Kaktus tidak berfotosintesis	Konsep Mengelompokan	Melengkapi konsep

**Arsitektur Kognitif**



Gambar 5. Struktur kognitif informan S

Sumber: data diolah

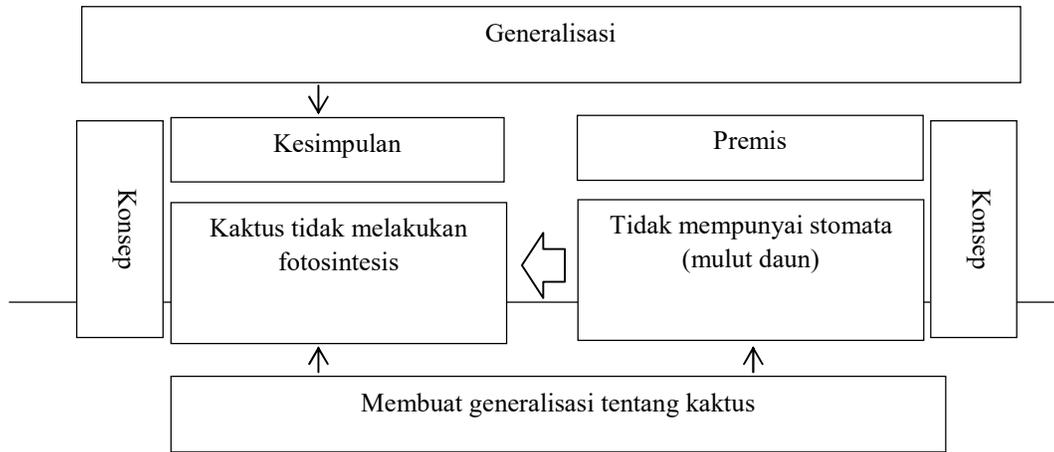
Hasil analisis struktur kognitif informan S berhubungan dengan kemampuan membuat generalisasi dari fenomena memperlihatkan informan menggunakan 2 konsep dasar dengan prinsip pengorganisasian adalah mengelompokkan dan mekanisme inferensi adalah melengkapi konsep. Informan membuat generalisasi bahwa kaktus tidak melakukan fotosintesis karena menyaring air. Informan menduga bahwa menyaring air adalah cara kaktus membuat makanannya sendiri sehingga tidak melalui fotosintesis. Hal ini memperlihatkan bahwa informan tidak mengetahui bahwa air (H<sub>2</sub>O) merupakan salah satu bahan dasar fotosintesis selain CO<sub>2</sub>. Hal yang sama tergambar pula pada jawaban yang diberikan oleh informan ADL seperti tampak pada Tabel berikut.

Tabel 7. Struktur kognitif informan ADL

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b> b. Tidak <b>Alasan:</b> Karena tidak mempunyai stomata (mulut daun) bila mempunyai stomata karbon	- Mulut daun - Karbondioksida - Fotosintesis	Konsep Mengelompokan	Melengkapi konsep

dioksida bisa masuk dan  
melakukan fotosintesis  
**Kode: ADL/MIN-1**

**Arsitektur Kognitif**



Gambar 6. Struktur kognitif informan ADL

Sumber: data diolah

Hasil analisis struktur kognitif ADL memperlihatkan bahwa informan menggunakan beberapa konsep sebagai unit dasar untuk membuat generalisasi. Tampak pula bahwa informan menggunakan pola mengelompokkan sebagai prinsip pengorganisasian dan mekanisme inferensi adalah melengkapi konsep. Dilihat dari kesahihan, informan menggunakan premis yang kurang tepat. Informan menjelaskan bahwa kaktus tidak memiliki stomata sehingga karbondioksida tidak dapat diserap sehingga fotosintesis tidak bisa dilakukan.

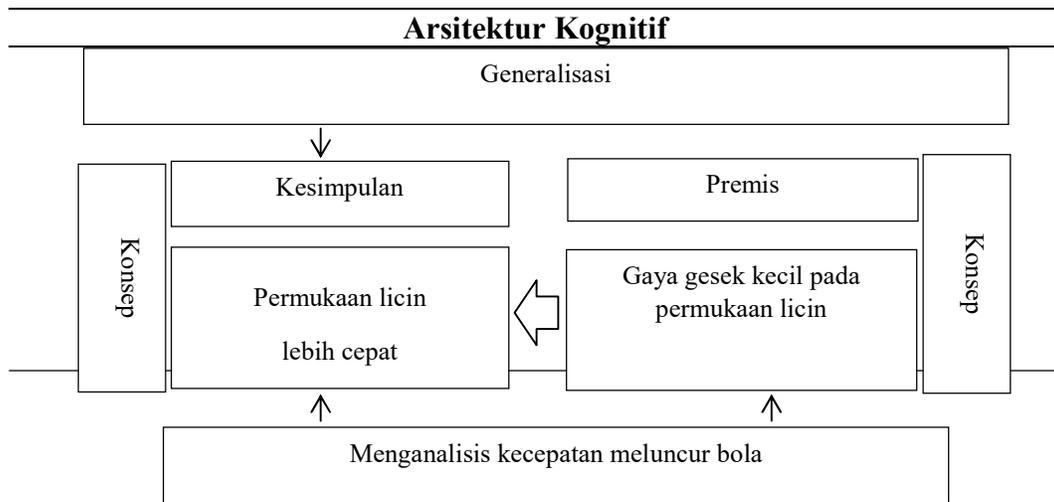
**Menganalisis Dan Mengkorelasikan Dua Fenomena Yang Mirip**

Indikator penalaran saintifik ke-4 adalah kemampuan menganalisis dan mengkorelasikan dua fenomena yang mirip. Dalam penelitian ini, siswa dihadapkan pada dua fenomena yang mirip dan siswa diminta untuk menganalisis kedua fenomena tersebut dan membuat kesimpulan. Berikut adalah analisis struktur kognitif yang digunakan untuk menganalisis dan mengkorelasikan dua fenomena yang mirip.

Tabel 8. Struktur kognitif informan S

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b>	- Kecepatan	Konsep	Sebab-Akibat
b. Lantai yang mempunyai permukaan licin lebih cepat	- Permukaan media - Gaya gesek		Prediksi
<b>Alasan:</b> Karena gaya gesek kecil kalau yang bergelombang maka permukaannya kasar jadi gaya geseknya besar.			

**Kode: S/MIN-1**



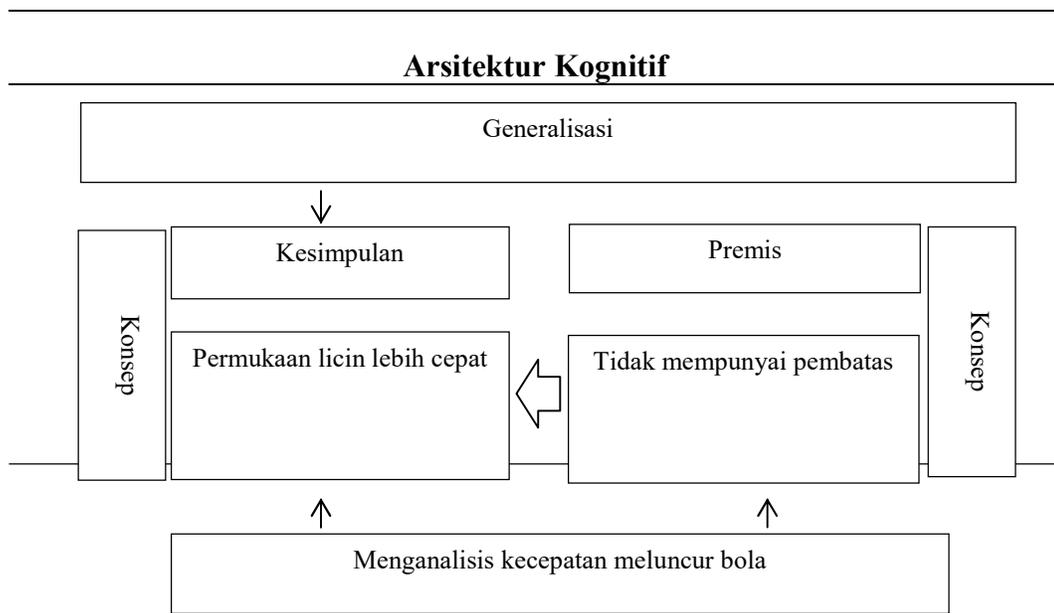
Gambar 7. Struktur kognitif informan S

Sumber: data diolah

Hasil analisis struktur kognitif memperlihatkan bagaimana informan membuat kesimpulan tentang dua fenomena. Informan menganalisis dua fenomena dengan beberapa konsep dasar yaitu kecepatan, permukaan media dan gaya gesek. Informan berkesimpulan bahwa bola yang diluncurkan pada permukaan yang licin akan lebih cepat dibanding dengan permukaan yang kasar. Hal ini disebabkan oleh gaya gesek yang relatif lebih kecil pada permukaan yang licin. Oleh karena itu, informan berkesimpulan bahwa gaya gesek yang kecil menyebabkan bola akan lebih cepat meluncur pada permukaan yang licin.

Tabel 9. Struktur kognitif informan ADL

Analisis	Unit Dasar	Prinsip Pengorganisasian	Mekanisme Inferensi
<b>Jawab</b>	- Kecepatan	Sebab-Akibat	Prediksi
a. Lantai yang mempunyai permukaan licin lebih cepat	- Permukaan media		
<b>Alasan:</b> Karena lantai tersebut tidak mempunyai pembatas atau bergelombang sebab jika bergelombang bola akan meluncur dan berhenti setelah itu meluncur kembali dan berhenti dan seterusnya			
<b>Kode: ADL/MIN-1</b>			



Gambar 8. Struktur kognitif informan ADL

Sumber: data diolah

Hasil analisis struktur kognitif memperlihatkan bagaimana informan membuat kesimpulan tentang dua fenomena. Informan menganalisis dua fenomena dengan beberapa konsep dasar yaitu kecepatan dan permukaan media. Informan berkesimpulan bahwa lantai yang licin tidak mempunyai pembatas yang akan mempengaruhi kecepatan bola, sedangkan pada lantai yang bergelombang, bentuk permukaan akan mengurangi kecepatan bola.

**PEMBAHASAN**

Memetakan arsitektur kognitif berarti mengurai model mental yang digunakan oleh penalar dalam mengenali fenomena, membuat abstraksi dan merumuskan inferensi. Arsitektur kognitif dalam penelitian ini merupakan struktur pengetahuan sebagai hasil persepsi indrawi terhadap fenomena atau objek sains. Arsitektur kognitif dibentuk oleh memori kerja (*working memory*) untuk mengenali dan menjelaskan fenomena tersebut. Analisa arsitektur kognitif dibutuhkan untuk mengetahui bagaimana pikiran membentuk struktur spasiotemporal ketika dihadapkan pada fenomena atau objek tertentu. Arsitektur kognitif mencerminkan bagaimana pikiran membuat struktur temporal berdasarkan konsep-konsep yang teraktivasi pada memori jangka panjang (*longterm memory*). Bisa dikatakan pula bahwa arsitektur kognitif adalah struktur semantik yang merepresentasikan pengetahuan deklaratif tentang suatu objek atau fenomena tertentu (Van Gennen & Witteman, 2006). Secara arsitektural, model mental yang dibangun memiliki elemen-elemen penyusun antara lain konsep atau fenomena. Validitas arsitektural model mental terlihat dari keterkaitan elemen-elemen yang digunakan maupun keterkaitan elemen tersebut.

Pada hasil penelitian sebelumnya telah dijelaskan tentang elemen-elemen kognitif yang digunakan siswa dalam proses penalaran. Jenis elemen dasar yang

digunakan dalam setiap relatif sama yaitu bergantung pada fenomena yang semestradianalisis. Kemampuan menghubungkan satu elemen dengan elemen lainnya merupakan indikasi pemahaman siswa tentang suatu fenomena. Beberapa penelitian terdahulu menemukan pula bahwa pada umumnya siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan representasi simbolik untuk menjelaskan suatu fenomena pada level mikroskopik. Kemampuan siswa untuk menciptakan model mental atau struktur pengetahuan untuk menjelaskan suatu fenomena sangatlah terbatas (Coll, 2008).

Penelitian ini membuktikan bahwa ada siswa yang memiliki pengetahuan yang terstruktur dengan baik dalam bentuk proposisi yang saling terkoneksi membentuk model mental, tetapi ada juga siswa yang memiliki struktur pengetahuan yang belum terstruktur dengan baik. Struktur ini sangat bergantung dari keterampilan penalaran masing-masing individu. Struktur yang saling terkoneksi secara kompleks mencerminkan pemahaman materi dan metode bernalar yang baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seorang penalar dapat membentuk jejaring semantik yang kompleks dan valid jika memiliki pengetahuan materi dan keterampilan bernalar yang baik. Jika kemampuan bernalar semakin baik, maka proses merubah konsepsi akan semakin mudah, dan sebaliknya. Faktor penalaran saintifik salah satu prasyarat yang menentukan proses membentuk atau merubah suatu model mental (She & Liao, 2010). *Teorimental model* lebih menekankan pengetahuan awal syarat utama terjadinya penalaran. Penalar mampu mengenali dan menjelaskan suatu fenomena atau konsep jika mampu menciptakan dan memanipulasi satu atau lebih model mental berdasarkan pengetahuan yang telah dimiliki. Semakin baik pengetahuan tentang fenomena atau objek maka model mental yang diciptakan akan semakin relevan dengan realitas (Bandini *et.al*, 1998; Johnson-Laird, 2010; Khemlani and Johnson-Laird, 2009).

Atas dasar paparan data yang telah disajikan sebelumnya, pada umumnya siswa mampu mengemukakan argumentasi dengan prinsip-prinsip penalaran meskipun belum pernah dilatih secara menggunakan metode-metode inferensi. Pola argumentasi tersusun menurut sintaks penalaran yaitu premis yang mendahului kesimpulan atau sebaliknya. Penelitian ini menguatkan teori *modelmental* bahwa pengetahuan awal adalah syarat utama seseorang mampu bernalar secara saintifik. Subjek mengemukakan argumentasi dengan pola-pola penalaran sebab-akibat maupun melengkapi konsep. Pola-pola tampak berbeda sesuai dengan karakteristik pertanyaan pada soal. Jika soal menghendaki argumentasi sebab-akibat, siswa mampu mengemukakan klaim-klaim kausal dengan struktur yang valid. Begitu pula ketika pertanyaan menghendaki argumentasi untuk menggolongkan konsep, maka subjek mampu mengemukakan argumentasi untuk mendukung satu objek atau fenomena digolongkan ke dalam kelompok tertentu.

Bukti bahwa teori model mental lebih akurat dalam menjelaskan fenomena penalaran adalah bahwa siswa yang memberikan penjelasan yang akurat adalah siswa yang memiliki pengetahuan memadai tentang fenomena atau objek tersebut. Dengan demikian, kemampuan proses penalaran ditentukan oleh kemampuan seseorang menciptakan model mental untuk menjelaskan fenomena atau

objek dan membuat kesimpulan hipotetis atau kategorikal. Kemampuan untuk menciptakan dan menggunakan representasi mental dari suatu fenomena saintifik merupakan komponen utama dari literasi saintifik (Clement, 2000; Gobert and Buckley, 2000; Coll, 2008). White and Frederiksen (1998) berpendapat bahwa siswa yang kurang memahami cara menciptakan model saintifik adalah merupakan masalah utama penalaran dalam pembelajaran sains.

Salah satu kesimpulan dari penelitian ini adalah penalaran adalah proses menciptakan model semantik temporer yang relevan dengan realitas dan mengandung kemungkinan suatu fenomena atau objek lain yang belum ada sebelumnya. Definisi konseptual tersebut merupakan kerangka operasional penalaran yang merupakan rangkaian aktivitas mental berupa (1) menciptakan, (2) menerapkan, dan (3) merevisi struktur semantik temporer tentang suatu fenomena atau objek yang terjadi secara iteratif dan kontinum. Penalaran merupakan bagian inheren dari sistem berpikir dan pengolahan informasi pada manusia. Penalaran akan selalu terjadi ketika seseorang dihadapkan pada objek atau fenomena tertentu sepanjang hidupnya. Dengan demikian, aktivitas kognitif berupa menciptakan, menerapkan dan merevisi model semantik temporer merupakan bagian dari proses adaptasi manusia dengan lingkungannya.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan sebelumnya, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat dikemukakan, antara lain:

1. Penalaran terjadi ketika seseorang mampu menciptakan model mental yang kompatibel dengan realitas. Siswa sekolah dasar mampu menciptakan model yang terstruktur dengan baik menganalisis fenomena-fenomena sains. Ketika dihadapkan pada fenomena-fenomena saintifik, siswa menciptakan model berdasarkan elemen-elemen pengetahuan yang tersimpan pada memori jangka panjang. Elemen-elemen yang teraktivasi dengan baik akan ditransfer menuju memori kerja untuk menciptakan model mental. Penalaran hanya benar-benar terjadi ketika suatu model mental diciptakan melalui sistem berpikir rasional, hipotetis dan analitis. Model mental yang diciptakan akan direvisi jika tidak dapat menjelaskan realitas secara lengkap.
2. Keterampilan bernalar sudah dimiliki seseorang ketika lahir dan perkembangan penalaran merupakan dipengaruhi perkembangan pengetahuan. Siswa sekolah dasar menunjukkan keterampilan bernalar yang hampir serupa. Secara sintaksis, hampir tidak ada perbedaan pola penalaran pada siswa sekolah. Ini berarti bahwa strategi-strategi penyimpulan merupakan kemampuan prosedural yang inheren pada sistem berpikir manusia dan telah dimiliki sejak lahir. Perkembangan sistem penalaran sebenarnya merupakan perluasan dari struktur pengetahuan seseorang. Perluasan pengetahuan ini adalah akumulasi dari akuisisi konsep dan objek yang dilakukan melalui persepsi terhadap dunia nyata maupun pembelajaran. Oleh karena itu, dalil yang dikemukakan sebagai temuan penelitian ini adalah bahwa semakin luas dan kompleks struktur pengetahuan seseorang maka sistem penalarannya akan baik.

## **RUJUKAN**

- Bandini Stefania, Gaetano A. Lanzarone & Alessandra Valpiani, 1998. Revisiting The Mental Models Theory In Terms Of Computational Models Based On Constructive Induction. *Philosophica* 62 ( 2) pp. 9-31.
- Coll, R. K 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 5(1), 22 – 47.
- Clement, J. 2000. Analysis of clinical interviews: Foundations and model viability. In A. E. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of research methods in mathematics and science education* (pp. 547-589). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eskin, H. & Bekiroglu, F. O. 2009. Inverigation of a pattern between student's in argumentation and their science content knowledge: a case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(1), 63-70.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. 2000. Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.57
- Goel V., Buchel C., Frith C., & Dolan R. J. 2000. Dissociation of Mechanisms Underlying Syllogistic Reasoning. *NeuroImage* 12, 504-514.
- Johnson-Laird, P. N. 1983. *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA. Harvard Uni-versity Press.
- Johnson-Laird P N, Byrne R M J. 1991. *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johnson-Laird P N. 2010. Mental models and human reasoning. *Proc Natl Acad Sci USA* 107:18243–18250.
- Kaymak, E., Bekiroglu, O. F. 2013. How Students Epistemological Beliefs the Domain Of Physics and Their Conceptual Change are Related. *European Journal of physics Education*, 4: (I).
- Khemlani, S., & Johnson-Laird, P.N. 2009. Disjunctive illusory inferences and how to eliminate them. *Memory & Cognition*, 37
- Lawson, A.E. 2010. Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94, 336–364.