



## MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL) DALAM MELATIH *SCIENTIFIC REASONING* SISWA

Oleh:

Noly Shofiyah<sup>1</sup> dan Fitria Eka Wulandari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

### Abstrak

*Scientific reasoning* merupakan salah satu hasil belajar yang seharusnya dilatihkan kepada siswa karena penalaran ilmiah yang tinggi akan mempengaruhi siswa dalam membuat keputusan dan menyelesaikan masalah. Dibutuhkan keseriusan dalam melatih keterampilan *scientific reasoning*. Sehingga guru harus memilih pendekatan pembelajaran yang sesuai. Artikel ini mendiskusikan tentang model *problem based learning* yang merupakan model pembelajaran berbasis inkuiri, dimana pembelajarannya dimulai dengan memberikan masalah. Pembahasan kedua, diperkenalkan pola-pola penalaran ilmiah yang bisa dilatihkan pada siswa baik yang berada pada tahap operasional konkrit maupun formal. Pada akhir pembahasan, akan diuraikan bagaimana model PBL mampu memfasilitasi siswa dalam mengembangkan penalaran ilmiah.

**Kata Kunci:** Problem Based Learning and Scientific Reasoning

### Abstract

*Scientific reasoning is one of the learning outcomes that should be trained to students, because high scientific reasoning skills will affect students to be a good decisions maker and problem solver. Seriousness is needed in training scientific reasoning skills. Therefore, the teacher must choose the appropriate learning approach. This article discusses the problem based learning model which is an inquiry-based learning model, where learning begins with problem-solving. The second discussion, introduced the patterns of scientific reasoning that can be trained on students both at the stage of concrete and formal operational. At the end of the discussion, we will describe how the problem based learning can facilitate students in developing scientific reasoning.*

**Keywords:** Problem Based Learning and Scientific Reasoning

© 2018 Universitas Negeri Surabaya

### <sup>2</sup>Alamat Korespondensi:

Prodi Pendidikan IPA, FKIP

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Kampus I Jl. Mojopahit 666B Sidoarjo

Email: [nolyshofiyah@umsida.ac.id](mailto:nolyshofiyah@umsida.ac.id) atau

[fitriaekawulandari@umsida.ac.id](mailto:fitriaekawulandari@umsida.ac.id)

p-ISSN: 2527-7537

e-ISSN: 2549-2209

## PENDAHULUAN

Saat ini, banyak sekolah yang ingin mempersiapkan siswa-siswinya setelah lulus dapat menghadapi tantangan global abad 21. Sekolah dengan program sks dan berbasis bilingual diluncurkan agar siswa mendapat prestasi akademik maupun non akademik secara internasional, (Depdiknas, 2007). Scientific reasoning (penalaran ilmiah) merupakan salah satu keterampilan higher order thinking dan juga termasuk ke dalam keterampilan abad 21, (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007). Siswa yang memiliki kemampuan penalaran ilmiah yang tinggi akan memiliki kemampuan yang bagus dalam menyelesaikan masalah.

Beberapa peneliti terdahulu berpendapat bahwa salah satu tujuan utama pembelajaran IPA di sekolah adalah untuk mengembangkan kemampuan scientific reasoning, (Timmeman, 2008, p.3). Penalaran ilmiah merupakan kemampuan kognitif siswa dalam menginterpretasikan, menganalisis, mengevaluasi, berargumentasi dan memecahkan masalah yang berkaitan dengan IPA, (Shofiyah, dkk, 2013). Keterampilan ini akan membantu siswa untuk lebih mudah memahami dan mengevaluasi konsep-konsep sains, (Giere, 1991, p.4). Dengan kata lain, keterampilan penalaran ilmiah memiliki hubungan yang signifikan dengan kemampuan siswa dalam belajar konten IPA. Lawson, dkk (2000) menjelaskan bahwa siswa yang memiliki formal reasoning ability tinggi memperoleh nilai yang tinggi juga pada tes kemampuan konsep IPA.

Salah satu alternative yang dapat dilakukan guru untuk meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa adalah dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang dapat memacu proses berpikir tingkat tinggi. Sehingga guru dalam pembelajaran IPA harus menggunakan model-model pembelajaran yang dapat memfasilitasi hal tersebut. Pembelajaran berbasis inkuiri merupakan pendekatan pembelajaran yang cukup luas dimana siswa membangun konsep yang paling dasar melalui proses ilmiah. Salah satu model pembelajaran yang berbasis inkuiri adalah model Problem Based Learning (PBL).

Artikel ini membahas tentang model Problem Based Learning (PBL) yang meliputi karakteristik dan fase-fase PBL serta mendiskusikan tentang konsep *Scientific reasoning* dimana terdapat pola-pola yang disesuaikan dengan tahap berpikir kognitif siswa. Sebagai tambahan, artikel ini akan mengkaitkan model PBL dengan kemampuan *scientific reasoning*.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kepustakaan, karena pada penelitian ini hanya menggunakan sumber perpustakaan untuk memperoleh data (Zed, 2004). Teknik pengumpulan data dengan cara mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya dari berbagai sumber kepustakaan yang berhubungan problem based learning dan keterampilan penalaran ilmiah. Sumber kepustakaan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari buku, jurnal, hasil-hasil penelitian (tesis dan disertasi), dan sumber lainnya seperti kebijakan pemerintah dan kurikulum.

Dalam studi kepustakaan, seorang peneliti harus mengikuti kaidah-kaidah yang berlaku seperti mengidentifikasi teori secara sistematis, penemuan pustaka, dan analisis dokumen yang memuat informasi yang berkaitan dengan topik penelitian. Sehingga, setelah bahan kepustakaan terkumpul, maka peneliti menyusun bahan tersebut secara sistematis, dan mengklasifikasikannya sebagai data relevan dan tidak relevan. Pada akhir tahapan, peneliti melakukan analisis terhadap teori-teori yang didapatkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Model Problem Based Learning (PBL)

Menurut Hung (2008), Problem Based Learning (PBL) adalah sebuah kurikulum yang merencanakan pembelajaran untuk mencapai suatu tujuan instruksional. PBL merupakan model pembelajaran yang menginisiasi siswa dengan menghadirkan sebuah masalah agar diselesaikan oleh siswa. Selama proses pemecahan masalah, siswa membangun pengetahuan serta mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan keterampilan self-regulated learner. Dalam proses pembelajaran PBL, seluruh kegiatan yang disusun oleh siswa harus bersifat sistematis. Hal tersebut diperlukan untuk memecahkan masalah atau menghadapi tantangan yang nanti diperlukan dalam karier dan kehidupan sehari-hari.

Mengacu rumusan dari Kwan (2009), bahwa "PBL merupakan Metode instruksional yang menantang peserta didik agar belajar untuk belajar, bekerja sama dalam kelompok untuk mencari solusi bagi masalah yang nyata". Masalah ini digunakan untuk mengaitkan rasa keingintahuan serta kemampuan analisis peserta didik dan inisiatif atas materi pelajaran. PBL mempersiapkan peserta didik untuk berfikir kritis dan analitis dan untuk mencari serta menggunakan sumber pembelajaran yang sesuai

(Fakhriyah, 2014). Proses pembelajaran PBL secara utuh dimulai dengan membagi siswa kedalam grup yang berisi 5-8 siswa, kemudian mereka diberikan masalah. Masalah tersebut harus otentik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Siswa berusaha memecahkannya dengan pengetahuan yang mereka miliki, dan sekaligus mencari informasi – informasi baru yang relevan untuk solusinya. Mereka harus mengidentifikasi masalah tersebut, kemudian membuat hipotesis, mendaftar apa yang mereka perlukan dan mengeksplor kegiatan eksperimen apa yang mereka butuhkan. Selama dalam kegiatan kerja kelompok tersebut, siswa harus menyelesaikan tugasnya. Mereka harus mengumpulkan informasi sebanyak mungkin dari berbagai sumber. Setelah itu, mereka harus membuat laporan, dan kemudian mempresentasikan kepada teman-teman yang lain. Jika ada masukan atau revisi, mereka harus memperbaikinya dan terakhir yaitu membuat kesimpulan apakah hipotesis yang telah mereka buat diterima atau ditolak.

Sedangkan tugas pendidik adalah sebagai fasilitator yang menyajikan masalah atau pertanyaan. Dalam PBL, siswa diorganisasikan untuk berada pada sekita pertanyaan-pertanyaan atau masalah-masalah yang berkaitan dengan kepentingan sosial dan pribadinya. Pembelajaran diarahkan pada situasi nyata, menghindari jawaban sederhana dengan memperbolehkan adanya keragaman solusi yang kompetitif beserta argumentasi.

Menurut Nur, (2008:3) menyebutkan bahwa Ciri-ciri dan Problem Based Learning (PBL) adalah sebagai berikut:

Berfokus pada interdisiplin. Dalam pembelajaran masalah yang di hadapkan kepada

siswa meskipun berpusat pada masalah pembelajaran tertentu solusi yang dikehendaki melibatkan banyak mata pelajaran.

Penyelidikan otentik. PBL menghendaki peserta didik menggeluti penyelidikan otentik dengan memperoleh pemecahan nyata terhadap masalah-masalah nyata. Mereka menganalisis informasi, melaksanakan eksperimen (bila diperlukan) membuat inferensi dan membuat kesimpulan.

Menghasilkan karya nyata dan memamerkan. PBL menghasilkan produk dalam bentuk karya nyata dan memamerkannya. Produk ini mewakili sebuah solusi yang dapat bern upa skip sinetron, sebuah laporan, model fisik, rekaman vidio atau program komputer yang di bahas dan dirancang untuk dikomunikasikan kepada pihak-pihak terkait.

Kolaborasi. Ditandai dengan peserta didik bekerjasama dengan peserta didik lain dalam sebuah kelompok kecil ataupun secara berpasangan. Saling bekerjasama mendatangkan motivasi unrtuk keterlibatan lanjutan dalam tugas-tugas kompleks dan memperkaya kesempatan-kesempatan berbagi inkuiri dan dialog dan untuk perkembangan keterampilan-keterampilan sosial.

#### **Sintaks *Problem Based Learning* (PBL)**

Guru atau pengajar akan dapat melaksanakan proses Pembelajaran Berbasis Masalah jika seluruh perangkat pembelajaran (masalah, formulir pelengkap, dan lain –lain) sudah siap. Siswa juga harus sudah memahami prosesnya, dan telah membentuk kelompok-kelompok kecil. Sintaks dalam PBL secara umum adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Sintaks Pembelajaran PBL

<b>Fase atau Tahap</b>	<b>Perilaku Guru</b>
Fase 1 Mengorientasikan siswa pada masalah	Guru menginformasikan tujuan-tujuan pembelajaran, mendiskripsikan kebutuhan-kebutuhan logistik penting, dan memotivasi agar terlibat dalam kegiatan pemecahan masalah yang mereka pilih sendiri.
Fase 2 Mengorganisasikan siswa untuk belajar	Guru membantu siswa menentukan dan mengatur tugas-tugas belajar yang berhubungan dengan masalah itu.
Fase 3 Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok	Guru mendorong siswa mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen, mencari penjelasan dan solusi.
Fase 4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya serta memamerkannya	Guru membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya siswa yang sesuai seperti laporan
Fase 5 Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.	Guru membantu siswa melakukan refleksi atau penyelidikan dan proses-proses yang mereka gunakan.

### Penalaran Ilmiah (*Scientific Reasoning*)

Penalaran ilmiah memiliki dua definisi pokok yang keduanya menunjukkan saling keterkaitan. Definisi pertama, menyatakan bahwa penalaran ilmiah berfokus pada pengembangan pengetahuan tertentu. Penalaran ilmiah digunakan untuk mengidentifikasi konsep atau miskonsepsi dan mengembangkan pengetahuan melalui tes keterampilan penalaran abstrak (Zimmerman, 2000). Definisi lain menyatakan bahwa penalaran ilmiah menekankan pada keterampilan proses ilmiah, yaitu menyatakan hipotesis, merancang eksperimen, dan evaluasi (Zimmerman, 2000). Hasil penelitian lebih lanjut menyatakan bahwa penalaran yang menekankan proses ilmiah dipengaruhi pengetahuan ilmiah. Bernalar secara ilmiah merupakan suatu kemampuan untuk menganalisis suatu bukti nyata dengan teori yang sudah ada. Sehingga dapat dikatakan bahwa penalaran ilmiah adalah kemampuan untuk merancang suatu eksperimen untuk menjelaskan suatu masalah-masalah ilmiah (Kuhn, 1989).

Proses pembelajaran di sekolah seharusnya melatih siswa untuk menyelidiki ilmu pengetahuan dengan menggunakan kemampuan penalaran ilmiah. Sehingga siswa diharapkan mampu menyatakan suatu rumusan masalah, merancang eksperimen dan metode pengambilan data, mengidentifikasi variabel, dan menganalisis data untuk mendukung suatu kesimpulan. Namun, penalaran ilmiah tidak terbatas pada kegiatan eksperimen, menerapkan suatu konsep dari ilmu pengetahuan tertentu juga melibatkan kemampuan penalaran karena seorang anak akan mampu menyatakan suatu alasan ilmiah jika anak tersebut memiliki pengetahuan ilmiah.

Penalaran ilmiah merupakan bagian dari berpikir tingkat tinggi dan dapat dilatihkan pada anak pada semua tahap perkembangan. Pada anak yang berada pada tahap perkembangan operasional konkrit, pola penalaran yang dapat dilatihkan adalah (Karplus, 1977):

1. *Class Inclusion*: pola penalaran ini membuat individu memahami klasifikasi dan generalisasi sederhana.
2. *Conservation*: individu menerapkan penalaran konservasi pada obyek dan properti nyata.
3. *Serial Ordering*: individu dapat menyusun satu set data atau obyek dalam urutan tertentu.
4. *Reversibility*: individu secara mental dapat membalik urutan langkah-langkah dari kondisi akhir ke kondisi awal.

Selanjutnya, anak yang berada pada tahap operasional formal secara teoritis dapat dilatih untuk memiliki kemampuan (Karplus, 1977):

1. *Theoretical reasoning*: individu menerapkan klasifikasi ganda, logika konservasi, urutan berantai, dan pola penalaran lain untuk

hubungan dan sifat yang tidak secara langsung bisa diamati.

2. *Combinatorial Reasoning*: individu mempertimbangkan semua alternatif solusi yang mungkin terjadi pada situasi yang abstrak.
3. *Functionality and Proportional Reasoning*: individu mampu menginterpretasikan menyatakan dan menginterpretasikan hubungan fungsional ke dalam bentuk matematis atau sebaliknya.
4. *Control variables*: individu mengenali keperluan-keperluan yang dibutuhkan dalam suatu eksperimen dan variabel-variabel yang akan diinvestigasi.
5. *Probabilistics and Correlational Reasoning*: individu menginterpretasikan hasil pengamatan yang menyajikan variabel-variabel yang tidak bisa diprediksi dan mengenali hubungan diantara variabel-variabel itu.

### Model PBL dalam Memfasilitasi Penalaran Ilmiah Siswa

Penalaran ilmiah merupakan salah satu hasil belajar siswa. Pembelajaran dengan penalaran ilmiah dapat diartikan sebagai pembelajaran yang difokuskan pada pengembangan dalam bidang ilmu pengetahuan tertentu dan pengembangan pengetahuan sains. Pengertian tersebut menggambarkan bahwa sebagian besar proses pembelajaran menitikberatkan pada identifikasi konsep-konsep alternatif dan mengembangkan pengetahuan sains melalui tes keterampilan penalaran abstrak (Zimmerman, 2000). Hal tersebut menunjukkan penalaran ilmiah lebih dianggap sebagai target pembelajaran sehingga kemampuan penalaran yang dimiliki oleh siswa dapat dinyatakan sebagai hasil belajar proses.

Menurut Zimmerman (2000), pengertian lain tentang penalaran ilmiah menekankan pada keterampilan proses sains yang meliputi membuat hipotesis, merancang eksperimen, dan mengevaluasi fakta. Penalaran ilmiah ini memisahkan pengetahuan seseorang dengan keterampilan yang digunakan untuk melakukan proses sains tetapi tetap menunjukkan bahwa proses sains dipengaruhi oleh pengetahuan sains. Hal ini sesuai dengan pendapat Klahr dan Dunbar, (1988) yang menyatakan bahwa tiga konsep utama dalam penalaran ilmiah adalah menyatakan hipotesis, merancang eksperimen dan menguji hipotesis, serta mengevaluasi fakta-fakta yang didapatkan dari hasil eksperimen.

Berdasarkan definisi penalaran ilmiah yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, dapat diketahui bahwa penalaran ilmiah merupakan

kemampuan untuk menghubungkan suatu ide sains dengan fakta yang didapatkan dari fenomena, percobaan atau eksperimen. Siswa yang memiliki kemampuan penalaran ilmiah akan berpikir tentang cara yang harus digunakan untuk menguji idenya dengan melakukan eksperimen serta dapat menjelaskan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

Kedua pengertian tentang penalaran ilmiah dapat dilatihkan melalui pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning*). Model *PBL* merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang menekankan pada pembelajaran saintifik, (Fauziah, dkk, 2017) dimana siswa dituntut aktif untuk memperoleh konsep dengan cara memecahkan masalah. Melalui masalah yang disajikan oleh guru, siswa menggunakan kemampuan penalaran ilmiannya untuk mengembangkan suatu eksperimen yang meliputi kemampuan merumuskan masalah, membuat hipotesis, menentukan variabel, merancang eksperimen, menganalisis data, dan membuat kesimpulan berdasarkan data. Hal ini merupakan tahapan-tahapan yang harus dilakukan siswa pada fase 3 (penyelidikan mandiri dan kelompok) dalam model *PBL*. Pada tahap akhir dari model *PBL*, siswa diharapkan dapat mengkomunikasikan hasil pekerjaan mereka di depan teman dan guru, sehingga siswa terlatih untuk berpendapat dan menggunakan penalarannya untuk berargumentasi ilmiah.

Beberapa penelitian terdahulu juga sepakat bahwa untuk meningkatkan penguasaan konten Fisika dan kemampuan penalaran, Suma (2010) menyatakan model pembelajaran berbasis inkuiri lebih efektif dari model pembelajaran tradisional. Salah satu model pembelajaran yang berbasis inkuiri adalah model *PBL*. Menurut Daryanti, pembelajaran yang didasarkan pada inkuiri atau penemuan akan dapat meningkatkan pola penalaran ilmiah siswa. Hal senada juga dinyatakan Permana dan Sumarno (2007), bahwa siswa SMU mencapai kemampuan penalaran yang baik melalui penerapan model pembelajaran berdasarkan masalah (PBM). Selain itu, Model pembelajaran berbasis masalah digunakan oleh beberapa peneliti untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti berpikir kritis, kreatif, reflektif yang semua itu terdapat kemampuan penalaran ilmiah, (Afcariono, 2008; Sadia, 2008; Noer, 2010; Redhana, 2012).

## SIMPULAN

Merujuk pada pembahasan di atas, maka dapat dinyatakan bahwa keterampilan penalaran ilmiah (*scientific reasoning skill*) seharusnya

dilatihkan pada seluruh siswa yang berada pada tahap pemikiran operasional konkrit dan operasional formal. Keterampilan tersebut bisa dilatihkan oleh guru dengan cara menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri yang salah satunya adalah *Problem Based Learning (PBL)*. Karena dengan diberikan masalah dan kemudian siswa dituntut untuk memecahkannya, penalaran ilmiah siswa akan berkembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afcariono, M. (2008). Penerapan pembelajaran berbasis masalah untuk meningkatkan kemampuan berpikir siswa pada mata pelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 3(2), 65-68.
- Daryanti, E. P., Rinanto, Y., & Dwiastuti, S. Peningkatan Kemampuan Penalaran Ilmiah Melalui Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Materi Sistem Pernapasan Manusia. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 3(2), 163-168.
- Depdiknas. (2007). *Pedoman Penjaminan Mutu Sekolah/Madrasah Bertaraf Internasional pada Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Depdiknas.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Fakhriyah, F. (2014). Penerapan *Problem Based Learning* dalam Upaya Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1).
- Fauziah, R., Abdullah, A. G., & Hakim, D. L. (2017). Pembelajaran saintifik elektronika dasar berorientasi pembelajaran berbasis masalah. *Innovation of Vocational Technology Education*, 9(2).
- Giere, R. N. 1991. *Understanding scientific reasoning*. Florida: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). Problem-based learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 3, 485-506.
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual search space during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674-689.

- Kwan, A. (2009). Problem-based learning. *The Routledge international handbook of higher education*, 91-107.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 996-1018.
- Noer, S. H. (2010). *Peningkatan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan reflektif (K2R) matematis siswa SMP melalui pembelajaran berbasis masalah* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Nur, M. (2008). *Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah*. Surabaya: Pusat Sains dan Matematika Sekolah UNESA.
- Permana, Y., & Sumarmo, U. (2007). Mengembangkan kemampuan penalaran dan koneksi matematik siswa SMA melalui pembelajaran berbasis masalah. *educationist*, 1(2), pp-116.
- Redhana, I. W. (2012). Model pembelajaran berbasis masalah dan pertanyaan socratic untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, (3).
- Sadia, I. W. (2008). Model pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (suatu persepsi guru). *Jurnal pendidikan dan pengajaran Undiksha*, 2(2), 19-237.
- Shofiyah, N., Supardi, Z. A. I., & Jatmiko, B. (2013). Mengembangkan Penalaran Ilmiah (*Scientific Reasoning*) Siswa Melalui Model Pembelajaran 5e Pada Siswa Kelas X SMAN 15 Surabaya. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1).
- Suma, K. (2010). Efektivitas pembelajaran berbasis inkuiri dalam peningkatan penguasaan konten dan penalaran ilmiah calon guru fisika. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 43(6), 47-55.
- Timmeman, B. E. (2008). *Peer review in an undergraduate Biology Curriculum: Effects on students' scientific reasoning, writing and attitudes*. Doctoral Dissertation, Curtin University of Technology.
- Zed, M. (2004). *Metode penelitian kepustakaan*. Yayasan Obor Indonesia.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental review*, 20(1), 99-149