

Argumentasi Ilmiah: Implementasinya Dalam Pembelajaran Kimia untuk Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi

Sri Rahayu*

*Profesor dalam Pendidikan Kimia, FMIPA-Universitas Negeri Malang

Abstrak. Argumentasi ilmiah merupakan salah satu keterampilan berkomunikasi. Keterampilan ini telah diterima oleh para pendidik kimia sebagai salah satu tujuan utama dalam pendidikan kimia dan juga sebagai komponen penting dalam mengembangkan literasi kimia. Penelitian tentang argumentasi ilmiah dalam kimia masih jarang dilakukan. Namun, salah satu penelitian survei menunjukkan bahwa keterampilan argumentasi siswa SMA dalam topik-topik kimia di kota Malang masih tergolong rendah. Oleh karena itu, argumentasi ilmiah perlu dilatihkan kepada siswa secara eksplisit di kelas kimia agar keterampilan siswa dalam berargumentasi menjadi meningkat. Beberapa strategi/model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan inkuiri dapat diterapkan di kelas atau di laboratorium seperti *POGIL*, *LC-5E*, atau *ADI*. Strategi atau model pembelajaran tersebut memberikan ruang bagi siswa untuk menerapkan keterampilan proses dalam investigasi dan melakukan diskusi serta argumentasi tentang proses dan hasil-hasil investigasi siswa. Argumentasi bisa dilakukan secara verbal atau tertulis. Penilaian kualitas argumentasi dapat dilakukan dengan menggunakan pedoman *Toulmin's Argumentation Pattern (TAP)*. Komponen argumentasi yang dilatihkan dan dinilai mencakup *claim*, *data*, *warrant*, *backing* dan *rebuttal*.

Kata-kata kunci: argumentasi ilmiah, keterampilan komunikasi

1. Pendahuluan

Salah satu tujuan utama pendidikan kimia di berbagai negara adalah mengembangkan kemampuan siswa dalam memahami fenomena alam yang kompleks dan secara produktif terlibat dalam kegiatan memberikan penjelasan (*explanation*), justifikasi (*justification*), dan argumentasi (*argumentation*) (Talanquer, 2018). Kemampuan siswa dalam memberikan penjelasan (*explanation*), justifikasi (*justification*), dan argumentasi (*argumentation*) juga diperlukan dalam rangka tercapainya masyarakat yang berliterasi sains (*scientific literacy*) atau literasi kimia (*chemical literacy*). Literasi sains didefinisikan dengan berbagai cara (misalnya, lihat Holbrook & Rannikmae, 2009; Gräber et al, 2001 and Rychen & Salganik, 2003). Namun, secara umum, dapat digambarkan bahwa masyarakat yang berliterasi sains adalah masyarakat yang memiliki 3 komponen, yaitu: (1) pengetahuan tentang konsep-konsep sains/kimia dan ide-ide ilmiah; (2) pemahaman tentang proses penyelidikan ilmiah dan hakekat pengetahuan yang dihasilkan dari kegiatan tersebut (nature of science/ NOS); (3) kesadaran terhadap pengaruh aktivitas ilmiah dalam konteks masyarakat dimana aktivitas tersebut dilaksanakan, atau sebaliknya, pengaruh keputusan yang diambil baik secara pribadi atau berdasarkan kepentingan masyarakat terhadap kegiatan dan pemikiran-pemikiran ilmiah (Ratcliffe & Millar, 2009; Roth & Lee, 2004). Agar tujuan pendidikan kimia dan literasi sains tersebut tercapai, siswa perlu diarahkan agar dapat mengembangkan pemahaman tentang konsep-konsep dasar dalam kimia dan ide-ide ilmiah dalam berbagai disiplin ilmu secara bermakna, serta dapat mengaplikasikannya untuk memahami fenomena alam, menganalisis masalah yang relevan secara kritis dan mendiskusikannya dalam komunitas mereka, serta membuat keputusan berdasarkan informasi yang diperoleh dari kehidupan mereka sehari-hari atau kehidupan profesional. Kegiatan ini memerlukan keterampilan memberikan penjelasan (*explanation*), justifikasi (*justification*), dan argumentasi (*argumentation*). Hasil-hasil penelitian pada ketiga keterampilan ini di bidang pendidikan kimia masih sangat terbatas, khususnya penelitian

tentang argumentasi ilmiah (Cetin, 2014). Padahal argumentasi ilmiah memiliki potensi besar untuk mengembangkan keterampilan siswa dalam berkomunikasi untuk saling bertukar pandangan dan makna/pengertian (Yeh & She, 2010).

Sebuah survei yang dilakukan oleh Sa'adah (2018) tentang kemampuan 338 siswa SMA (berasal dari 6 SMAN di Malang) dalam berargumentasi ilmiah pada salah satu topik kimia SMA menunjukkan bahwa pada umumnya keterampilan argumentasi mereka masih tergolong rendah. Salah satu hambatan dalam mengembangkan argumentasi nampaknya disebabkan karena kurangnya kesempatan siswa dalam berlatih argumentasi di kelas dan guru lebih mengutamakan penyelesaian materi kimia yang ada dalam kurikulum. Agar dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam membangun argumentasi ilmiah, guru perlu mengajarkan keterampilan argumentasi secara eksplisit di kelas (Berland dan Reiser, 2011; Christodoulou dan Osborne, 2014). Dalam makalah ini akan dibahas tentang pentingnya argumentasi ilmiah, kegiatan pembelajaran yang mengeksplicitkan argumentasi dan cara menilai keterampilan berargumentasi.

2. Pembahasan

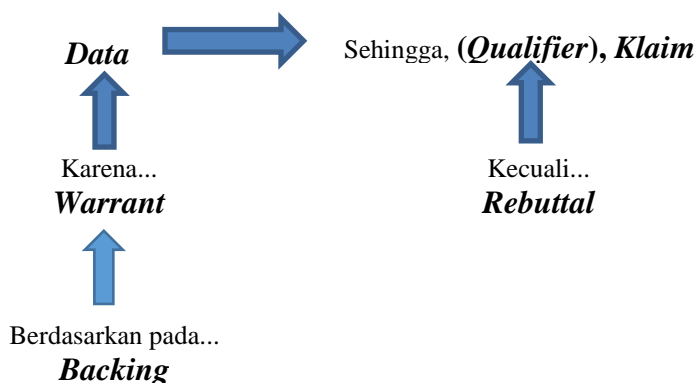
2.1. Pentingnya Argumentasi ilmiah dalam pendidikan kimia

Pengetahuan ilmiah, termasuk kimia, dibangun oleh para ilmuwan melalui sebuah proses sosial yang didalamnya terdapat pertentangan/konflik dan argumen (Latour, 1987). Dalam proses tersebut ilmuwan mengemukakan ide-ide mereka dengan dukungan bukti-bukti, kepada komunitasnya agar disanggah atau diterima (Michaels, O'Connor & Resnick, 2008). Dengan cara ini, argumen digunakan dalam komunitas ilmiah untuk menegaskan dan mempertahankan klaim (*claim*), mengklarifikasi, dan meyakinkan orang lain (Andrews, Costello, & Clarke, 1993). Proses membangun dan mengkritik argumen ini disebut dengan argumentasi ilmiah yang merupakan kegiatan sains yang bersifat sosial (Driver et al., 2000) dan epistemik (Osborne et al., 2004). Dikatakan sebagai kegiatan sosial karena para anggota komunitas ilmiah tersebut mengikuti serangkaian tindakan yang terpola (misalnya, mengajukan ide-ide mereka yang didukung oleh bukti) berdasarkan tujuan dan harapan bersama (yaitu, untuk menegaskan dan mempertahankan klaim, untuk mengklarifikasi, dan untuk membujuk).

Selain itu, karena serangkaian kegiatan terpola dalam argumentasi ilmiah ini menghasilkan suatu pengetahuan maka kegiatan ini juga bersifat epistemik (Kelly, 2008). Secara khusus, kegiatan yang bersifat epistemik meliputi cara-cara khusus yang dilakukan oleh anggota komunitas ilmiah dalam mengusulkan, membenarkan, mengevaluasi, dan melegitimasi pengetahuan dalam kerangka kerja disiplin ilmu tertentu (Kelly, 2008). Oleh karena itu, belajar sains perlu diawali dengan cara-cara ilmiah untuk mengetahui (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994; Kelly, 2008), yang mencakup pengaturan pengetahuan secara konseptual dan epistemik (Osborne *et al.*, 2004).

Argumentasi ilmiah muncul sebagai kegiatan ilmiah yang penting dalam gerakan reformasi pendidikan sains karena argumentasi diasumsikan memiliki peranan mendasar dalam proses pembuatan makna secara kolektif dan mempengaruhi belajar (Sadler, 2006). Argumentasi juga selaras dengan pandangan belajar kontemporer (konstruktivisme) yang menekankan bahwa belajar sains bukan sekedar mengakumulasi fakta-fakta tentang alam semesta, namun merupakan kegiatan membangun teori/pengetahuan yang bersifat terbuka untuk ditantang dan disanggah (Erduran *at al.*, 2004). Menurut Jiménez - Aleixandre dan Erduran (2008) argumen memiliki peranan penting dalam pembelajaran *bermakna* karena mendukung: a) proses kognitif dan metakognitif, b) pengembangan keterampilan berkomunikasi, (c) eksternalisasi pemikiran siswa sehingga siswa menjadi pemikir yang kritis, c) literasi verbal dan tulisan dalam sains, d) pemahaman tentang budaya dan praktek kegiatan ilmiah, dan e) pengembangan keterampilan penalaran ilmiah.

Argumentasi memiliki pengertian yaitu suatu tindakan atau proses penalaran yang sistematis untuk mendukung ide, tindakan, atau teori. Jimenez-Aleixandre and Erduran (2008) mendefinisikan argumentasi dari dua perspektif yaitu individu dan sosial. Dari perspektif individu, argumen mengacu pada informasi apa saja yang dihasilkan oleh seseorang untuk menjustifikasi sebuah klaim. Dari perspektif sosial, sebuah argumen mengacu pada perdebatan atau perselisihan antara orang-orang yang saling berlawanan dalam membandingkan sebuah masalah. Argumen terdiri dari klaim yang didukung dengan kesimpulan (Garcia-Mila and Andersen, 2007). Namun, menurut kerangka kerja Toulmin (Toulmin's argumentation pattern/TAP) argumen yang baik terdiri dari enam komponen penting yaitu *claim*, *data*, *warrant*, *backing*, *qualifier*, and *rebuttal*. *Claim* merupakan pernyataan tegas atau kesimpulan jawaban; *data* merupakan bukti, fakta, atau informasi yang mendasari *claim*; *warrant* merupakan penjelasan atau rasional yang menghubungkan *data* dengan *claim*; *qualifier* merupakan keadaan yang mengandung kemungkinan atau syarat tertentu dari *warrant*; *backing* merupakan teori pendukung *warrant* sehingga hubungan antara *data* dengan *claim* tidak dipertanyakan lagi; sedangkan *rebuttal* merupakan sanggahan atau pengecualian terhadap *claim* maupun *warrant* (Sampson & Clark, 2009).



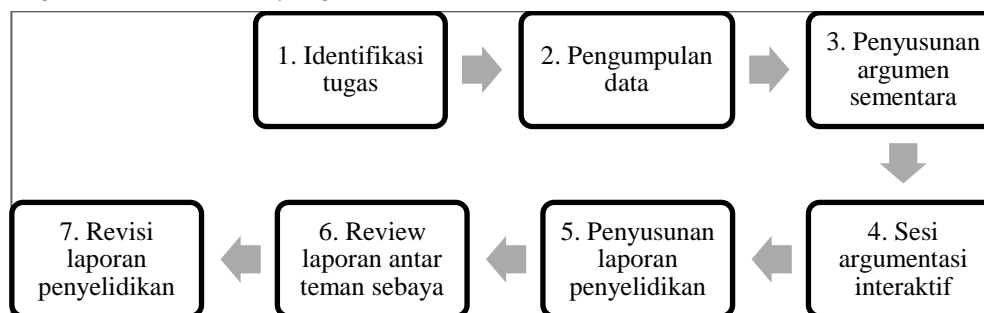
Gambar 1. Kerangka Argumen Toulmin

2.2. Model Pembelajaran Kimia Dengan Mengeksplisitkan Argumentasi Ilmiah

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran kimia yang mendorong siswa untuk bernalar, berargumen dan berfikir dengan kritis akan meningkatkan pemahaman konsep siswa dan keterlibatan siswa secara aktif (sebagai contoh lihat Rahayu, 2011). Akan tetapi, hal ini akan terjadi jika siswa diberi kesempatan untuk mengeksplorasi ide-ide, bukti-bukti dan argumen secara bebas. Pembelajaran yang semacam itu nampak pada pembelajaran yang berbasis konstruktivistik dan inkuiri. Pembelajaran yang berbasis konstruktivistik dan inkuiri memberikan ruang bagi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi baik secara kolaboratif maupun kooperatif sehingga kegiatan argumentasi dapat dirancang dalam pembelajaran tersebut. Percakapan yang kolaboratif/kooperatif dimana siswa terlibat secara konstruktif dengan ide-ide teman yang lainnya merupakan cara untuk meningkatkan pengalaman siswa, kedalaman siswa dalam berfikir dan belajar kimia itu sendiri. Beberapa model atau strategi yang bisa diterapkan misalnya *POGIL* (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*), *LC-5E* (*Learning Cycle 5E*) atau *ADI* (*Argument Driven Inquiry*).

POGIL adalah model pembelajaran di mana siswa terlibat secara aktif dalam upaya: (a) menguasai konten kimia dan (b) mengembangkan keterampilan proses sains dengan bekerja dalam tim secara efektif dalam kegiatan inkuiri terbimbing. *Learning Cycle 5E* adalah model pembelajaran dengan pendekatan konstruktivistik dan inkuiri terbimbing yang terdiri dari 5 tahap, yaitu: pembangkitan motivasi (*engagement*), eksplorasi (*exploration*), menjelaskan (*explanation*), memperluas (*elaboration/extension*), dan evaluasi (*evaluation*). Sedangkan *ADI* adalah model pembelajaran yang bertujuan untuk

memberikan kesempatan kepada siswa agar belajar berpartisipasi dalam argumentasi ilmiah dan menggunakan ide serta konsep dalam memahami fenomena alam. Model pembelajaran *ADI* didesain untuk menciptakan lingkungan belajar yang dapat membantu siswa memahami penjelasan ilmiah, belajar bagaimana menemukan bukti-bukti ilmiah, dan kemudian diuji melalui investigasi. Oleh karena itu, *ADI* merupakan model pembelajaran yang mengajarkan argumentasi ilmiah secara eksplisit. Model pembelajaran *ADI* dapat digunakan oleh pendidik sains/kimia untuk menyediakan pengalaman kepada siswa melalui kegiatan laboratorium yang lebih ilmiah dan otentik (Walker, 2011).



Gambar 2. Tahapan Model Pembelajaran *ADI*

Komponen penting dalam membangun argumen ilmiah adalah menilai klaim-klaim dan alternatifnya, menimbang bukti-bukti, dan mengevaluasi validitas klaim ilmiah yang potensial, semua komponen ini penting dalam perkembangan pengetahuan ilmiah. Oleh karena itu, siswa dalam pembelajaran di kelas atau di laboratorium tidak hanya dilatih agar dapat mengembangkan keterampilan berinkuiry ilmiah, seperti mengontrol variabel dan mendesain serta melakukan eksperimen, namun siswa juga harus dapat memutuskan antara dua teori alternatif yang bersaing untuk menjelaskan suatu fenomena berdasarkan bukti ilmiah yang dihasilkan dari proses investigasi (Andersen & Garcia-Mila, 2017).

Kegiatan penyusunan argumentasi ilmiah oleh siswa akan berjalan dengan baik apabila guru memberikan pertanyaan-pertanyaan penuntun yang dapat membantu siswa dalam memberikan penjelasan yang baik di dalam argumennya sehingga mampu menghasilkan suatu argumen yang baik dan kuat. Pertanyaan-pertanyaan penuntun yang dapat disampaikan oleh guru seperti:

- (1) Mengapa kamu berpikir demikian? (*Why do you think that?*)
- (2) Apa alasanmu? (*What is your reason for that?*)
- (3) Dapatkah kamu menemukan argumen lain dari sudut pandangmu? (*Can you think of another argument for your view?*)
- (4) Dapatkah kamu memikirkan argumen yang mungkin berlawanan dengan argumenmu? (*Can you think of an argument against your view?*)
- (5) Bagaimana kamu tahu? (*How do you know?*)
- (6) Apa buktinya? (*What is your evidence?*)
- (7) Apa mungkin ada argumen lain yang sesuai dengan pemikiranmu? (*Is there another argument for what you believe?*) (Osborne, et al., 2001).

2.3. Cara Menilai Keterampilan Berargumentasi.

Argumentasi dapat dilakukan secara verbal maupun tertulis. Penilaian argumen umumnya mengacu pada *Toulmin's Argumentation Pattern* (TAP) yang kemudian dikhususkan pada setiap topik pelajaran yang dibelajarkan. Dalam penulisan stem soal argumentasi, konteks soal yang digunakan bisa berupa konteks ilmiah (*scientific*) ataupun konteks *socioscientific issues*. Pembelajaran dengan konteks *socioscientific issues* dapat meningkatkan keterampilan siswa dalam berargumentasi (Foong and Daniel 2013). Kriteria

kualitas argumentasi tertulis dapat, salah satunya, diadaptasi dari Osborne *at al.* (2004) seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Skoring Level Argumentasi

Kriteria	Level Argumentasi
Menyatakan argumentasi yang mengandung unsur <i>claim</i> / <i>counter claim</i> dan <i>data</i> sederhana	Level 1
Menyatakan argumentasi yang mengandung unsur <i>claim</i> / <i>counter claim</i> dengan <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> tetapi tidak terdapat <i>rebuttal</i>	Level 2
Menyatakan argumentasi yang mengandung unsur <i>claim</i> / <i>counterclaim</i> dengan <i>data</i> , <i>warrant</i> , atau <i>backing</i> dengan <i>rebuttal</i> yang lemah	Level 3
Menyatakan argumentasi yang mengandung unsur <i>claim</i> dengan <i>rebuttal</i> yang dapat diidentifikasi dengan jelas. Argumen seperti ini mengandung beberapa <i>claim</i> atau <i>counter-claim</i>	Level 4
Menyatakan argumentasi yang mengandung lebih dari satu <i>rebuttal</i>	Level 5

Komponen argumentasi sebagai berikut:

- **Klaim (Claim):** sebuah pernyataan yang diajukan kepada orang lain untuk diterima
- **Data :** bukti/ fakta (biasanya dapat diamati dalam percobaan) untuk mendukung *claim*
- **Warrant :** pernyataan membenaran (sebagai jaminan) bahwa data yang digunakan dapat digunakan untuk mendukung klaim
- **Backing:** pernyataan berupa teori/ hukum/ prinsip yang digunakan untuk memperkuat penerimaan *warrant*
- **Rebuttal:** sanggahan/pendapat dari sudut pandang lain yang dapat mendukung atau menentang terhadap suatu *claim*, *data*, dan *warrant*

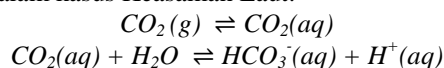
Berikut ini adalah contoh penerapan penilaian argumentasi yang dikembangkan oleh Fassenda (2018), salah satu bimbingan tesis penulis yang meneliti tentang argumentasi ilmiah pada materi Kesetimbangan Kimia. Indikator penilaiannya adalah: (a) Mengidentifikasi pengaruh konsentrasi terhadap pergeseran arah kesetimbangan, (b) Memprediksi pergeseran arah kesetimbangan ketika dilakukan perubahan konsentrasi reaktan maupun produk.

Soal: (socio-scientific Issues)

Sudut Muram di Surga Bunaken: Bagaimana Karbon dioksida Mengubah Kondisi Lautan

Sulawesi Utara menjadi salah satu penyumbang terumbu karang (*coral*) di Indonesia. Daerah Coral yang paling terkenal di Sulut terdapat di Pulau Bunaken. Berada seluas 75.265 hektar, pulau bunaken dianggap sebagai surga oleh turis dari dalam dan luar negeri karena keindahan bawah lautnya. Namun saat ini, salah satu sudut pulau bunaken ini sedang muram, karena rusaknya kondisi terumbu karang yang semakin parah. Menurut penelitian yang dilakukan Prof. Mineo Okamoto, Ph.D, salah satu pakar peneliti koral dan Dosen senior di *Tokyo University of Marine Science and Technology Japan*, menyebutkan bahwa kerusakan terumbu karang di Sulut telah sampai pada tahap mengkhawatirkan. Beberapa kondisi yang tampak pada terumbu karang yang tidak sehat yaitu warna yang pucat dan rapuh. Hal ini ternyata dipengaruhi oleh peningkatan suhu air laut dan asidifikasi laut (keasaman air laut). Salah satu penyebab terbesar dibalik fenomena peningkatan suhu air laut dan asidifikasi laut/keasaman laut yaitu peningkatan karbon dioksida di atmosfer. Karbon dioksida dan beberapa gas lainnya berperan penting dalam perubahan iklim bumi, hal ini sering dikenal sebagai Efek Rumah Kaca “*Greenhouse Effect*”.

Kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dari industri maupun kendaraan, agrikultur, dan pembersihan lahan dapat menyebabkan peningkatan jumlah gas-gas rumah kaca, seperti misalnya karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan terperangkapnya energi panas yang kemudian menyebabkan peningkatan suhu bumi. Peningkatan kadar karbon dioksida di atmosfer juga akan menyebabkan meningkatnya kadar karbon dioksida yang terlarut dalam air laut. Hal ini akan mempengaruhi reaksi kesetimbangan yang terjadi di alam. Gas karbon dioksida yang terlarut dalam permukaan air laut akan menghasilkan karbondioksida dalam bentuk larutan. Karbon dioksida yang bereaksi dengan molekul air akan terdisosiasi menjadi *ion bikarbonat* dan *ion hidrogen*. Berikut ini adalah reaksi kesetimbangan yang terlibat dalam kasus Keasaman Laut:



Sebenarnya pH air laut rata-rata sekitar 8,2 dan termasuk basa, sehingga seharusnya konsentrasi ion H^+ dalam air laut rendah. Hal ini dibuktikan dengan data bahwa hanya 0,5% kandungan CO_2 ditemukan dalam air laut, selebihnya 89,5% dalam bentuk ion karbonat. Namun akibat meningkatnya konsentrasi karbon dioksida terlarut, maka reaksi akan mengalami pergeseran kesetimbangan menurut prinsip Le'Chatelier. Semakin banyak kadar CO_2 di atmosfer, maka akan meningkatkan jumlah ion hidrogen di laut, hal ini menyebabkan pH semakin rendah/ semakin asam. Masalah ini akan semakin serius ketika pelepasan gas karbon dioksida di udara semakin meningkat, sehingga menyebabkan keasaman laut juga meningkat.

Apa yang paling menyebabkan karbon dioksida dapat mempengaruhi peningkatan keasaman laut di Pulau Bunaken? Ada dua pendapat yang menyatakan jawaban pertanyaan di atas ini.

- *Siswa A: Meningkatnya kegiatan industri dapat menyebabkan peningkatan keasaman laut*
- *Siswa B: Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil dapat menyebabkan peningkatan keasaman laut*

Menurut anda, jawaban mana yang paling tepat, apakah siswa A, B, atau tidak keduanya?

Rubrik Kualitas Argumentasi Tertulis:

Level 1: Argumentasi sederhana berisi komponen *claim/ counter claim* dan *data*

Contoh: Saya setuju dengan pernyataan siswa A (*claim*) karena meningkatnya kegiatan industri akan paling menyumbangkan semakin banyak kadar CO_2 di atmosfer (*data*).

Level 2: Argumentasi mengandung unsur *claim /counter claim* dengan *data, warrant*, atau *backing* tetapi tidak terdapat *rebuttal*.

Contoh: Saya setuju dengan pernyataan siswa A (*claim*) karena meningkatnya kegiatan industri akan paling menyumbangkan semakin banyak kadar CO₂ di atmosfer (*data*). Hal ini dibuktikan dengan data bahwa hanya 0,5% kandungan CO₂ ditemukan dalam air laut selebihnya 89,5% dalam bentuk ion karbonat. Peningkatan kadar gas CO₂ di atmosfer akan menyebabkan ion H⁺ semakin banyak dihasilkan di dalam air laut, sehingga meningkatkan keasaman air laut (*warrant*). Hal ini didasarkan prinsip Le Chatelier, reaksi kesetimbangan akan bergeser kearah spesi/ komponen yang memiliki konsentrasi lebih rendah (*backing*).

Level 3: Argumentasi mengandung serangkaian *claim* dengan *data*, *warrant*, *backing* dan satu *rebuttal* (sanggahan) yang lemah/ tidak ada alasan.

Contoh: Saya setuju dengan pernyataan siswa A (*claim*) karena meningkatnya kegiatan industri akan paling menyumbangkan semakin banyak kadar CO₂ di atmosfer (*data*). Hal ini dibuktikan dengan data bahwa hanya 0,5% kandungan CO₂ ditemukan dalam air laut selebihnya 89,5% dalam bentuk ion karbonat. Peningkatan kadar gas CO₂ di atmosfer akan menyebabkan ion H⁺ semakin banyak dihasilkan di dalam air laut, sehingga meningkatkan keasaman air laut (*warrant*). Hal ini didasarkan prinsip Le Chatelier, reaksi kesetimbangan akan bergeser kearah spesi/ komponen yang memiliki konsentrasi lebih rendah (*backing*).

(*rebuttal 1*) Meskipun begitu, penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat juga bisa menjadi penyebab meningkatnya gas CO₂ di atmosfer.

Level 4: Argumentasi mengandung serangkaian *claim* dengan *data*, *warrant*, *backing* dan satu *rebuttal* (sanggahan) yang jelas.

Contoh: Saya setuju dengan pernyataan siswa A (*claim*) karena meningkatnya kegiatan industri akan paling menyumbangkan semakin banyak kadar CO₂ di atmosfer (*data*). Hal ini dibuktikan dengan data bahwa hanya 0,5% kandungan CO₂ ditemukan dalam air laut selebihnya 89,5% dalam bentuk ion karbonat. Peningkatan kadar gas CO₂ di atmosfer akan menyebabkan ion H⁺ semakin banyak dihasilkan di dalam air laut, sehingga meningkatkan keasaman air laut (*warrant*). Hal ini didasarkan prinsip Le Chatelier, reaksi kesetimbangan akan bergeser kearah spesi/ komponen yang memiliki konsentrasi lebih rendah (*backing*).

(*rebuttal 1*) Meskipun begitu, penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat juga bisa menjadi penyebab meningkatnya gas CO₂ di atmosfer, karena masyarakat Indonesia masih bertumpu pada jenis bahan bakar fosil (*data*). Ketika gas CO₂ di atmosfer tinggi, maka kesetimbangan akan bergeser ke produk yaitu semakin tingginya CO₂ terlarut di laut (*warrant*). Hal tersebut dapat menjadi penyebab semakin meningkatnya keasaman laut di pulan bunaken, dibuktikan dengan rusaknya ekosistem terumbu karang di pulau tersebut (*backing*).

Level 5: Argumentasi mengandung lebih dari satu *rebuttal* (sanggahan)

Contoh: Saya setuju dengan pernyataan siswa A (*claim*) karena meningkatnya kegiatan industri akan paling menyumbangkan semakin banyak kadar CO₂ di atmosfer (*data*). Hal ini dibuktikan dengan data bahwa hanya 0,5% kandungan CO₂ ditemukan dalam air laut selebihnya 89,5% dalam bentuk ion karbonat. Peningkatan kadar gas CO₂ di atmosfer akan menyebabkan ion H⁺ semakin banyak dihasilkan di dalam air laut, sehingga meningkatkan keasaman air laut (*warrant*). Hal ini didasarkan prinsip Le Chatelier, reaksi kesetimbangan akan bergeser kearah spesi/ komponen yang memiliki konsentrasi lebih rendah (*backing*).

(*rebuttal 1*) Meskipun begitu, penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat juga bisa menjadi penyebab meningkatnya gas CO₂ di atmosfer, karena masyarakat Indonesia masih bertumpu pada jenis bahan bakar fosil (*data*). Ketika gas CO₂ di atmosfer tinggi, maka kesetimbangan akan bergeser ke produk yaitu semakin tingginya CO₂ terlarut di laut (*warrant*). Hal tersebut dapat menjadi penyebab semakin meningkatnya keasaman laut di pulau bunaken, dibuktikan dengan rusaknya ekosistem terumbu karang di pulau tersebut (*backing*).

(*rebuttal 2*) Selain itu, semua kegiatan industri tidak serta merta dapat mencemari alam (*claim*). Jika industri memiliki kualitas yang baik dan tetap sesuai dengan standar peraturan Pemerintah tentang pembangunan kawasan industri, maka akan meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan.

3. Kesimpulan

Argumentasi ilmiah sebagai salah satu keterampilan berkomunikasi perlu dikembangkan dalam diri siswa. Keterampilan ini penting untuk dikuasai siswa di abad 21 dan untuk berliterasi sains/kimia. Strategi/model pembelajaran yang sesuai untuk mengembangkan keterampilan ini pada dasarnya berbasis konstruktivistik dan inkuiri, seperti POGIL, LC-5E dan ADI. Komponen argumentasi yang dilatihkan dan dinilai mencakup *claim*, *data*, *warrant*, *backing* dan *rebuttal*. Kualitas argumentasi dapat diukur dengan menggunakan pedoman *Toulmin's Argumentation Pattern (TAP)*.

Referensi

- Andersen C., Garcia-Mila M. (2017) Scientific Reasoning During Inquiry. In: Taber K.S., Akpan B. (eds), *Science Education: New Directions in Mathematics and Science Education*. SensePublishers, Rotterdam
- Andrews, R., Costello, P., & Clarke, S. (1993). *Improving the quality of argument 5-16:Final report*. Hull, UK: Esmee Fairbairn Charitable Trust /University of Hull.
- Berland L. K. and Reiser B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95(2), 191–216.
- Cetin, P.S. (2014). Explicit argumentation instruction to facilitate conceptual understanding and argumentation skills. *Research in Science & Technological Education*, 32 (1), 1-20, DOI: 10.1080/02635143.2013.850071
- Christodoulou A. and Osborne J., (2014), The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(10), 1275–1300.
- Driver, R, Newton, P & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287 – 312.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPing into argumentation: Developments in the use of Toulmin's argument pattern in studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Fassenda, N. (2019). Pengaruh Model *Argument-Driven Inquiry* (Adi) Berkonteks *Socioscientific Issues* (SSI) Terhadap Kualitas Keterampilan Argumentasi Dan Kepercayaan Diri (*Self-Efficacy*) Siswa Sma Pada Materi Kesetimbangan Kimia. Tesis tidak dipublikasikan. Malang:Universitas Negeri Malang.
- Foong, C. C, and E. G. S. Daniel. (2013). "Students' Argumentation Skills across Two Socio-scientific Issues in a Confucian Classroom: Is Transfer Possible?" *International Journal of Science Education*, 35: 2331–2355.

- Garcia-Mila M. and Andersen C. (2007). Cognitive Foundations of Learning Argumentation, in Erduran S. and Jimenez Aleixandre M. (eds.), *Argumentation in Science Education*, Netherlands: Springer.
- Gräber, W., Erdmann, T., & Schlieker, V. (2001). *ParCIS: Partnership between Chemical Industry and Schools*. Accessed November 2018 from http://www.ipn.uni-kiel.de/chik_symposium/sites/pdf/graeber.pdf
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4, 275-288.
- Jiménez -Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-28). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp.99-117). Rotterdam: Sense Publishers.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.