

PEMBELAJARAN KIMIA BERBASIS GREEN NANOCHEMISTRY UNTUK MENGEMBANGKAN HOTS SISWA SMA

Johnsen Harta^{1*}

¹Dosen Program Studi Pendidikan Kimia, JPMIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Kampus III Universitas Sanata Dharma
Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, 55282

¹Lecture of Chemistry Education Program, Faculty of Teacher Training and Education, Sanata
Dharma University
Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, 55282

*Untuk korespondensi: Tel:(0274) 883037 ext. 2186, Fax:(0274) 886529,
e-mail: johnsenharta@usd.ac.id

ABSTRAK

Proses menuju masa depan ilmu kimia yang mengglobal menghadirkan sejumlah tantangan baru bagi pendidikan kimia. Salah satunya adalah cara mengajarkan dan mengaplikasikan nanomaterial ke dalam pembelajaran kimia. Prinsip dan kebijakan *green chemistry* dipandang perlu untuk menjelaskan pentingnya nanomaterial. Maraknya penemuan berbagai produk nanomaterial menunjukkan suatu nilai tambah dalam perkembangan IPTEKS, namun belum banyak sosialisasi dan aplikasi lanjut nanomaterial yang dikembangkan dalam bidang pendidikan. Guru kimia dapat mempromosikan peranan nanomaterial dengan cara mengembangkan *High Order Thinking Skill (HOTS)* siswa-siswi SMA melalui studi mandiri nanoteknologi, membentuk kelompok untuk membahas media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan produk nano, eksplorasi nanomaterial melalui eksperimen, dan melibatkan siswa dalam pengembangan proyek *NanoLab*, yang berorientasi pada *green nanochemistry* guna meningkatkan pembelajaran kimia yang bermakna.

Kata kunci: pembelajaran kimia, *green nanochemistry*, *HOTS*

ABSTRACT

Process towards future global chemistry present a number of new challenges for chemistry education. One of them is how to teach and apply the nanomaterials into chemistry learning. Green chemistry principles and policies is necessary to explain the importance of nanomaterials. The discovery rampant of various nanomaterial products show good value in the development of science and technology, but not much further dissemination and application of nanomaterials that were developed in the field of education. Chemistry teachers can promote the role of nanomaterials by developing High Order Thinking Skill (HOTS) of senior high school students through independent study of nanotechnology, form groups to discuss learning media that can visualize nano products, explore nanomaterials through work labs, and engage students in developing NanoLab project, that green nanochemistry-oriented to enhance meaningful chemistry learning.

Key words: chemistry learning, *green nanochemistry*, *HOTS*

PENDAHULUAN

Tantangan dalam dunia pendidikan abad 21 memberikan warna tersendiri dalam pencapaian proses dan hasil yang maksimal suatu pembelajaran, terutama bagi ilmu kimia yang merupakan ilmu sains yang dinamis dan erat hubungannya dengan kehidupan sehari-hari. Insan pendidik dituntut berpikir keras untuk menjawab tantangan ini dan menjadikan ilmu kimia yang terus berkelanjutan, baik kimia terapan maupun pendidikan kimia. Proses ini mencakup analisis literatur termutakhir, melakukan penelitian yang rutin, dan evaluasi akhir sebagai bentuk apresiasi dalam memajukan ilmu kimia.

Perkembangan dan penelitian di bidang kimia modern terus digalakkan. Hal ini dibuktikan dengan munculnya nanoteknologi sebagai suatu karakterisasi materi dengan mengontrol ukuran partikel hingga skala nano [10]. Nanoteknologi bukan hal yang baru dalam bidang kimia, namun ilmu ini mampu berkembang sebagai suatu ilmu terapan yang independen dan inovatif. Peneliti dari berbagai institusi di Indonesia pun semakin marak dan giat dalam melakukan riset di bidang nanoteknologi dan membuktikan bahwa produk nano dapat meroket di pasaran dan diterima oleh masyarakat.

Penelitian terhadap sejumlah nanopartikel yang disintesis ternyata dapat memproduksi limbah dengan jumlah yang tidak sedikit. Solusi yang dianggap mampu untuk tetap mengembangkan konsep nanomaterial adalah menekankan prinsip dan kebijakan *green chemistry* sebagai langkah tepat untuk memperoleh produk

green nanochemistry yang bermanfaat dan lebih ramah lingkungan. Hill *et al.* [2] mendukung konsep ini dan menjelaskan bahwa *green chemistry* merupakan satu dari delapan dimensi penting dalam mendukung perkembangan pendidikan kimia.

Produk *green nanochemistry* diharapkan dapat diperkenalkan sebagai produk baru yang efisien, efektif untuk dikembangkan, dan aman untuk diaplikasikan dalam pembelajaran kimia guna mengembangkan HOTS siswa.

METODE

Makalah ini merupakan sebuah ulasan yang mengkaji tentang transformasi nanomaterial menjadi *green* nanomaterial. Produk modern ini dapat disintesis dengan merujuk pada prinsip *green chemistry*. Pemanfaatan produk *green nanochemistry* tidak hanya sebatas perkembangan di lingkup kimia terapan, tetapi dapat diintegrasikan dan diaplikasikan ke dalam pembelajaran kimia berbasis HOTS di SMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran atom merupakan bagian dari suatu materi yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi suatu nanomaterial. Berikut ini dijelaskan konsep utama sintesis *green nanomaterial*, implementasi, dan perkembangannya dalam pendidikan kimia.

1. Membangun Konsep *Green Nanochemistry*

Pentingnya penerapan *green chemistry* sesungguhnya tak hanya berlaku untuk bidang nanoteknologi saja. Sintesis material apapun berisiko dan diharapkan

agar dapat membentuk produk yang aman bagi kesehatan dan lingkungan. Hjeresen *et al.* [3] menjelaskan sedikitnya terdapat dua belas prinsip dasar *green chemistry* yaitu penanggulangan limbah, ekonomis jika ditinjau dari ukuran atom, mengurangi sintesis zat kimia berbahaya, mensintesis zat kimia yang aman, menggunakan pelarut yang aman, merancang efisiensi energi, menggunakan material daur ulang, mereduksi derivatisasi, menggunakan *green catalyst*, merancang degradasi, analisis *real time* untuk pencegahan polusi, dan pemilihan bahan kimia yang aman untuk meningkatkan keselamatan kerja di laboratorium saat praktikum.

Sintesis suatu produk *green nano* memiliki kebijakan tersendiri. Klausmeir [5] mengungkapkan bahwa konsep yang sederhana, biaya sintesis yang murah, dan proses yang lebih ramah lingkungan akan mengurangi risiko terjadinya pencemaran akibat produk nano. Kebijakan *green nano* juga diarahkan untuk melahirkan pakar di bidang nanoteknologi. yang dapat mengembangkan diri dalam metodologi dan pakar lingkungan yang memahami nanomaterial yang potensial [11].

Prinsip *green chemistry* dan kebijakan *green nano* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk memperkaya produk *green nanomaterial*. Schmidt [11] menekankan bahwa produk *green nano* berasal dari suatu *green methods*. Perkembangan terkini [11] melaporkan berbagai produk baru yang meliputi *green nanoelectronic* (suatu inovasi untuk melapisi semikonduktor saat membuat *microchips*), *nanorods* perak dan emas untuk aplikasi di bidang elektronik, *quantum*

dots dari nanokristal zink khalkogenida yang lebih aman, *green synthesis nano* dari oksida logam, dan *green nano manufacturing* seperti *nanofiber*.

Bidang *green technology* turut menawarkan solusi baru dalam pengembangan produk *green nano*, misalnya pengembangan model baru *solar cell*, membran filtrasi air, teknik remediasi, dan *green technology* lainnya [11]. Teknologi ini diharapkan dapat terjamin mutunya dan tepat untuk digunakan secara berkelanjutan dalam praktikum kimia.

2. Pendidikan Kimia Merespon *Green Nanochemistry*

Peran pendidikan kimia di tengah persaingan menuju pembelajaran kimia yang menggloabal melibatkan peran banyak pihak. Saat insan pendidik dihadapkan pada perkembangan ilmu kimia yang pesat seperti nanoteknologi, muncul tugas baru pendidik untuk dapat mengintegrasikan konsep nanomaterial ke dalam pembelajaran, khususnya untuk guru kimia yang dituntut untuk selalu konsisten dalam hal penguasaan materi dan pedagogi.

Pelatihan profesionalitas untuk guru kimia dapat dilakukan untuk memperkaya wawasan dan mengontrol kualitas pembelajaran [9] dan pengetahuan nanoteknologi yang didukung konsep *green chemistry*. Realisasi ini dapat diwujudkan dalam kompetensi inti kimia, terutama dalam bidang kimia analitik dan kimia anorganik. Aplikasi selanjutnya dapat dilakukan dalam bentuk riset di laboratorium dan studi banding yang dapat dilakukan dengan dalam bentuk diskusi ilmiah.

3. Pengembangan HOTS Siswa SMA dalam Pembelajaran *Green Nanochemistry*

Injeksi konsep nanomaterial ke dalam materi pembelajaran kimia bukanlah hal yang mudah, ditambah lagi dengan belum banyak ditemukannya buku teks yang memuat konten nanoteknologi dan *green nano*. Suyono [13] menekankan bahwa model *connected*, *shared*, *webbed*, *immersed*, dan *networked* dapat digunakan untuk memperkenalkan dan mengaplikasikan nanomaterial. Selain model tersebut, konstruksi pengetahuan awal siswa yang baik dapat memunculkan analisis yang tajam sehingga dapat mudah diarahkan ke pembelajaran *green nanochemistry* berbasis HOTS.

Belum banyak SMA khususnya di Indonesia yang mengungkap konsep nanoteknologi sebagai penunjang pembelajaran, Nano Center Indonesia [7] melaporkan bahwa SMA Negeri 10 Pentagon di Kaur, Bengkulu tercatat sebagai satu-satunya SMA di Indonesia yang berani menempatkan nanoteknologi dalam kurikulum. Tim yang berasal dari LIPI, BPPT, dan BATAN turut membantu dalam mengajar dan merekomendasikan praktikum yang berbasis nanoteknologi. Ke depannya diharapkan SMA tersebut dapat mengupayakan teknologi berbasis *green nanochemistry* sebagai konsep menarik dalam pembelajaran.

High Order Thinking Skill (HOTS) merupakan keterampilan tingkat tinggi yang mencakup tahapan aplikasi (C3), analisis (C4), sintesis (C5), dan kreasi (C6) [1]. HOTS dapat dilatihkan pada siswa secara

rutin melalui suatu pembelajaran yang berorientasi pada *student centered*, yang dapat diintegrasikan dengan TIK dan eksperimen. Sutrisno [12] menambahkan bahwa HOTS akan mengarahkan siswa untuk mentransformasi makna dan materi seperti mengombinasikan fakta dan gagasan untuk dapat mensintesis, menjelaskan, dan menarik kesimpulan.

Usaha dalam mengembangkan HOTS di SMA membutuhkan inisiatif dan kreativitas guru kimia. Berikut ini cara yang dapat dilakukan guru kimia untuk membangun atmosfer kebermaknaan pembelajaran berbasis *green nanochemistry*:

- Studi mandiri nanoteknologi berbasis *green chemistry* dapat dilakukan melalui kajian literatur atau *website* yang terkait seperti Nanoyou, Nanokids, Nanotech kids, nanonet, *understanding nano*, *access nano*, *nanomissions*, *the educational portal from the materials research science and engineering center*, dan AQnoHUB. Kirchhoff [4] menambahkan, tantangannya adalah siswa harus menemukan hubungan *green chemistry* dan nanoteknologi yang akan dikembangkan.
- Sejumlah kelompok diskusi dapat dibentuk guru kimia untuk memvisualisasikan produk nano. Media yang dapat digunakan antara lain video dari Nanonet, *games* interaktif dari *website* Nanoyou, Nanotech kids, Nanozone, dan Nanoventure. Media tersebut dapat difokuskan pada *green nano*.

- c. Eksplorasi lanjut mengenai nanomaterial dapat dilakukan melalui eksperimen di laboratorium. Guru kimia dapat mengembangkan lembar kerja siswa berbasis *green nanochemistry* dengan mengacu pada NEACTEC [8]. Eksperimen yang dilakukan dapat meliputi cara memahami luas permukaan produk nano secara visual dan menyelidiki hubungan luas permukaan dan reaktivitas.
- d. Siswa dilibatkan dalam Proyek NanoLab yaitu suatu proyek yang bertujuan untuk memotivasi siswa agar dapat melakukan investigasi mendalam dan menginterpretasikan hasil praktikum kimia di laboratorium berdasarkan pemilihan dan penggunaan nanomaterial secara tepat dan hati-hati [6]. Selanjutnya, proyek ini dapat dikembangkan dalam sintesis produk *green nano*.

KESIMPULAN

Berdasarkan ulasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nanoteknologi merupakan inovasi ilmu terapan yang berkembang pesat dan dapat menghasilkan produk *green nano* yang mengacu pada konsep *green chemistry* dan didukung oleh *green technology*. Esensi dari sintesis produk tersebut dapat dijadikan sebagai informasi terbaru dan diaplikasikan secara luas dan mendalam untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia di SMA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Semua literatur dan *website* yang digunakan sebagai rujukan dalam mengulas makalah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Anderson, L.W. and David, R.K., 2000, *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Allyn & Bacon, New York.
- [2] Hill, J., Kumar D.D., and Verma, R.K., 2013, *Journal of the American Institute of Chemists*, 86 ,1 , 24-31.
- [3] Hjerresen, D.L., Schutt, D.L., and Boese, J.M., 2000, *Journal of Chemical Education*, 77, 1543-1547
- [4] Kirchhoff, M.M. 2015, *Green Chemistry Education*. Chemical Institute Conference, ACS: Chemistry for Life.
- [5] Klausmeier, V., 2016, Green Nanochemistry for a Thriving Future, 20 Februari 2017, https://energy.gov/sites/prod/files/2016/11/f34/klausmeier_bioenergy_2016.pdf
- [6] Lisotti, A., Renzi, V.D., and Goldoni, G., 2014, The NANOLAB Project: Educational Nanoscience at High School. Symposium QQ: Advances in Materials Science and Engineering Education and Outreach, MRS Proceeding, 1657.
- [7] Nano Center Indonesia, 2016, 20 Februari 2017, <http://center.nano.or.id/pentagon-sekolah-dengan-kurikulum-nanoteknologi/>
- [8] NEATEC. Nano in My Life: Introducing Nanoscience to High School Students, 20 Februari 2017, https://nanohub.org/resources/17645/download/NEATECTrinity_College_Module_1_What_is_nanoscience__Workbook.pdf
- [9] Planinsic, G., Lindell, A. and Remskar M, 2009, *Eur. J. Phys.*, 30, S17.



- [10] Report Nanoscience and Nanotechnologies, 2004, Opportunities and Uncertainties, The Royal Society, p. 16-17
- [11] Schmidt, K. F., 2007, Green Nanotechnology: It's easier than you think. Project on Emerging Nanotechnologies, supported by The Pew Charitable Trusts, 20 Februari 2017, http://www.nanotechproject.org/file_download/files/GreenNano_PEN8.pdf, p. 12-14, 21.
- [12] Sutrisno, 2011, *Pengantar Pembelajaran Inovatif Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Gaung Persada Press, Jakarta, p.34
- [13] Suyono, 2015, "Injeksi Konteks Nanomaterial ke dalam Konten Pembelajaran Kimia", in Seminar Nasional Kimia dan *Workshop* 2015, Teknologi Nanomaterial untuk Mendukung Kualitas Penelitian dan Pembelajaran Kimia, Surabaya, p. 3-13

TANYA JAWAB

PEMAKALAH : Johnsen Harta

PENANYA : Fariati

PERTANYAAN : Bagaimana cara menerapkan nano chemistry disekolah? Saran: guru harus paham lebih dulu mengenai konsep kimia lalu lancar dalam menjelaskan konsep nano dan berprinsip pada *greenchemistry*.

JAWABAN : Untuk di sekolah Indonesia hanya SMA 10 Pentagon, ada supplay alat dari NCI namun belum *green nano* dan untuk alat yang lebih lengkap ada di luar negeri. Penerapannya belum dicoba karena ini masih kajian literatur.

PENANYA : Sri Nuryanti

PERTANYAAN : Bagaimana mengaplikasikan *green nano chemistry* untuk pembelajara disekolah? Contoh atau tips bagaimana memvisualisasikan produk nano untuk siswa disekolah?

JAWABAN : Visualisasi nano bisa diakses pada situs nano.net karena dari pihak NCI di SMA 10 Pentagon baru sebatas info.