

KONSEP DAN APLIKASI IPTEK NUKLIR DI SEKOLAH MENENGAH ATAS (CONCEPTS AND APPLICATIONS SCIENCE AND TECHNOLOGY NUCLEAR IN SENIOR SECONDARY SCHOOL)

Mariati

Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Badan Penelitian dan Pengembangan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Jalan Gunung Sahari Raya Nomor 4A, Jakarta Pusat
e-mail: mariati_prb@yahoo.com

Diterima tanggal: 02/02/2012; Dikembalikan untuk revisi tanggal: 03/03/2012; Disetujui tanggal: 15/02/2013

Abstrak: *Studi ini bertujuan untuk mengkaji kurikulum Sekolah Menengah Atas tentang ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir pada standar isi, buku pelajaran, metode pembelajaran, dan pemahaman guru. Sampling kajian ditentukan secara purposif di enam provinsi, yaitu: Daerah Istimewa Yogyakarta; Jawa Timur; Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Timur, Kepulauan Riau, dan Sulawesi Selatan. Responden terdiri atas guru Biologi, Fisika, dan Kimia masing-masing 18 orang setiap provinsi. Studi dilakukan melalui survei dan focus group discussion. Hasil studi menunjukkan bahwa iptek nuklir pada Standar Isi cukup memadai, namun dalam aplikasi sangat kurang. Ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dalam buku pelajaran lebih banyak teori dan kurang kontekstual. Pembelajaran iptek nuklir pada umumnya dilakukan dengan metode ceramah, diskusi, dan penugasan. Pemahaman guru tentang konsep dan aplikasi iptek nuklir masih rendah. Studi merekomendasikan aplikasi iptek nuklir masa kini ditambahkan ke dalam Standar Isi, sekolah perlu melakukan sosialisasi agar pemahaman iptek nuklir lebih baik, begitu juga perlu menambah buku suplemen atau model pembelajaran berbasis teknologi informasi dan komunikasi agar pembelajaran iptek nuklir lebih efektif, efisien, dan menyenangkan.*

Kata kunci: *ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, fisika, kimia, biologi, Sekolah Menengah Atas*

Abstract: *This study aimed to examine the curriculum at the senior secondary school related to nuclear science and technology in content standards, textbooks, teaching methods, and teacher understanding. Locations determined by purposive sampling in six provinces namely Yogyakarta, East Java, West Nusa Tenggara, East Kalimantan, Riau Islands, and South Sulawesi. The respondent are a teachers of Biology, Physics, and Chemistry respectively 18 people in each province. The research method is a survey and focus group discussion. The study shows that nuclear science content standards are adequate, but the application of nuclear science and technology of today need to be added. Textbooks used is more theory and less contextual of life. Nuclear science and technology learning in general lectures, discussions and giving assignments. Teachers' understanding of the concepts and applications of nuclear science and technology is still low. The study recommends the present applications of nuclear science and technology need to be added to the content standards, schools need to socialize to the understanding of nuclear science and technology is better, should be made in the book supplements or media-based learning model using information and communication technology to support learning of nuclear science and technology for effective, efficient, and fun learning.*

Keywords: *nuclear science, physics, chemistry, biology, and senior secondary school*

Pendahuluan

Pemahaman masyarakat terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) nuklir masih terkesan negatif. Nuklir sering identik dengan bahaya, pencemaran, bom atom, dan hal-hal negatif lainnya. Padahal, nuklir tidaklah selamanya berbahaya, justru seiring dengan meningkatnya iptek nuklir bisa bermanfaat untuk kesejahteraan manusia. Pemanfaatan iptek nuklir di Indonesia untuk mendukung kebutuhan pangan, industri, air, dan energi sudah diperkenalkan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sejak beroperasinya reaktor atom pertama tahun 1964 di Bandung. Pada tahun 1970-an pemanfaatan iptek nuklir sudah digunakan untuk mencari kebocoran air dari berbagai dam, mengukur debit air sungai, mencari sumber air tanah dalam yang akan digunakan sebagai sumber air di daerah yang sulit mendapatkan air, dan sebagainya. Di bidang energi, pemanfaatan iptek nuklir untuk mendukung pengembangan eksplorasi dan eksploitasi panas bumi telah dilakukan di Indonesia sejak 25 tahun lalu (BATAN, 2008). Di bidang pertanian, berbagai jenis bibit unggul sudah dihasilkan, di bidang peternakan dan perikanan, pemanfaatan iptek nuklir untuk pengembangan teknologi nutrisi/pakan ternak dan teknis reproduksi sudah mulai diperkenalkan di berbagai daerah. Pemanfaatan nuklir dalam bentuk PLTN (pembangkit listrik tenaga nuklir) merupakan solusi penyelesaian penyediaan energi jangka panjang di Indonesia (Yoga. Eko. Alvini, 2007). Demikian pula pengembangan pupuk bio dengan iptek nuklir untuk pupuk dalam meningkatkan kualitas, peningkatan produksi untuk menjamin pupuk bio yang lebih *friendly*, efektif, dan lebih murah (Kompas, 24 Februari 2009).

Walaupun pemanfaatan iptek nuklir masa kini sudah tampak, namun pola pikir masyarakat masih didominasi oleh rasa takut menanggung resiko yang mengalahkan budaya inovatif mereka (Keppi Sukesi, Sugiyanto, Sumardi Hs, dkk. 2008). Pemahaman yang rendah tersebut akibat adanya pemanfaatan iptek nuklir dalam dunia militer sebagai senjata pemusnah massal di Hiroshima dan Nagasaki, sehingga kesan yang terbangun dari energi nuklir identik dengan senjata bom atom dan peperangan, atau berhubungan dengan kecelakaan dan radiasi nuklir. Radiasi nuklir di

Three Mile Island (USA) pada tanggal 28 Maret 1979 dan 26 April 1986 di Chernobyl di Ukraina (Antara News, 3 Juli 2007), serta peristiwa ledakan di PLTN di Fukushima Jepang pada tanggal 11 Maret 2011 memperburuk pemanfaatan nuklir. Badan Energi Atom Internasional (*IAEA: International Atomic Energy Agency*) merupakan salah satu badan internasional yang bertanggung jawab untuk mengkampanyekan penggunaan energi nuklir untuk maksud damai dalam bidang pangan, kesehatan, pertanian, dan industri. Kepala Pusat Aplikasi Iptek Isotop dan Radiasi Badan Energi Nuklir Nasional (Batan) Zainal Abidin, mengajak masyarakat untuk tidak selalu berpikiran negatif mengenai iptek nuklir (Kompas, 23 Februari 2009). Pemanfaatan iptek nuklir untuk PLTN walaupun secara nyata tidak memancarkan emisi gas rumah kaca seperti ungkapan Moore pakar lingkungan dan pendiri *Greenpeace* (www.greenspiritstrategis.com), namun tetap mendapatkan penolakan di masyarakat. BATAN (2009) sebagai lembaga resmi yang bergerak di bidang penelitian iptek nuklir sudah mulai mensosialisasikan pemanfaatan dari iptek nuklir kepada dunia pendidikan dan masyarakat umum sejak 1970-an (<http://www.batan.go.id>).

Dalam sistem pendidikan di Indonesia belum sepenuhnya prokonsep nuklir. Pendidikan Iptek Nuklir sudah dimuat dalam kurikulum mata pelajaran IPA, yaitu Biologi, Fisika, dan Kimia, terutama di SMA. Kenyataan menunjukkan bahwa dari 224 juta jiwa penduduk Indonesia pada tahun 2007, hanya 2,75% yang dapat mengenyam pendidikan SMA/MA (Depdiknas: <http://www.depdiknas.go.id/statistik>). Dari jumlah tersebut kurang dari setengahnya saja yang masuk ke jurusan IPA yang kemudian akan mempelajari Fisika, Kimia dan Biologi. Jika pendidikan Iptek Nuklir hanya diberikan kepada pelajar SMA/MA jurusan IPA yang jumlahnya sangat sedikit, maka akan sangat sulit untuk membuat dunia pendidikan dan lebih luas lagi masyarakat Indonesia dengan jumlah penduduk 224 juta jiwa menjadi paham dengan iptek nuklir.

Permasalahan yang diasumsikan terjadi berkaitan dengan kurikulum yaitu: 1) apakah materi Iptek Nuklir dalam standar isi telah memadai?; 2) apakah materi Iptek Nuklir dalam buku pelajaran telah mencukupi?; 3) apakah

metode pembelajaran telah menunjang dalam penyampaian materi Iptek Nuklir?; 4) bagaimana pemahaman guru terhadap konsep dan aplikasi Iptek Nuklir?

Studi ini bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi tentang: a) materi Iptek Nuklir dalam Standar Isi; b) materi Iptek Nuklir dalam buku pelajaran; c) pembelajaran Iptek Nuklir; dan d) pemahaman guru terhadap konsep dan aplikasi iptek nuklir.

Kajian Literatur

Konsep Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir

Nuklir adalah kata sifat yang khusus berhubungan dengan *nucleus* atau inti atom. Reaksi nuklir adalah reaksi yang melibatkan inti atom. Biasanya terjadi antara inti atom dengan inti atom atau dengan partikel elementer yang menghasilkan produk yang berbeda dengan inti atom atau partikel sebelum reaksi. Secara umum, reaksi nuklir dapat dibedakan menjadi *nuclear fusion* (reaksi penggabungan) fisi (reaksi pembelahan). Reaksi fusi nuklir (*nuclear fusion*) merupakan penggabungan dua buah inti atom untuk menghasilkan yang lebih berat. Reaksi ini diikuti oleh pelepasan atau penyerapan energi serta partikel-partikel elementer fusi atom *Deuterium* ($2H$) dengan *Tritium* ($3H$) atau (*D-T Fusion*) akan menghasilkan sebuah atom *Helium* (*He*) dan *neutron* (*n*) disertai pelepasan energi. Reaksi fisi nuklir (*nuclear fision*) adalah peristiwa pecahnya inti atom menjadi dua atau tiga buah inti atom lain yang lebih ringan. Proses reaksi biasanya berawal dari penetrasi partikel elementer neutron ke dalam inti atom yang kemudian menjadi tidak stabil dan akhirnya pecah menjadi dua inti atom lain yang disebut produk fisi. Selain produk fisi, biasanya dilepaskan pula beberapa buah neutron (*n*) dan energi dalam bentuk panas dan radiasi *gamma*. Energi yang dibebaskan dalam proses reaksi nuklir disebut energi nuklir. Proton dan neutron adalah partikel bebas, sehingga ketika bergabung membentuk satu inti atom, partikel-partikel ini terikat oleh energi yang disebut energi ikat. Sebagian dari energi ikat yang dilepaskan dalam proses reaksi fisi nuklir inilah yang menjadi sumber energi. Sekitar 80% energi nuklir adalah dalam bentuk energi kinetik yang kemudian terdisipasi

menjadi panas di dalam medium bahan bakar (Sidik Permana: <http://io.ppi-jepang.org>).

Konsep Iptek Nuklir di sekolah dibahas dalam mata pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi. Fisika merupakan salah satu cabang Sains yang mempelajari hukum-hukum alam dalam bentuk materi dan energi dan interaksi di antaranya. Sebagai cikal bakal ilmu pengetahuan modern yang dibangun oleh Galileo pada abad 16-an, Fisika merupakan paduan antara analisis deduktif dan proses induktif yang mengandalkan dukungan pengamatan empiris (Hewit, 1998). Fisika dibagi menjadi berbagai cabang, yaitu keadaan fisik zat padat dan zat cair, kinematika dan dinamika gerak, kelistrikan, elektronika, kemagnetan, optik, akustik (bunyi), panas, dan termodinamika, fisika nuklir dan fisika partikel. Nuklir yang dibahas dari sudut pandang fisika antara lain reaksi inti dan radioaktivitas.

Kimia adalah ilmu yang mempelajari mengenai komposisi dan sifat zat atau materi dari skala atom hingga molekul serta perubahan atau transformasi serta interaksinya untuk membentuk materi yang ditemukan sehari-hari. Kimia juga mempelajari pemahaman sifat dan interaksi atom individu dengan tujuan untuk menerapkan pengetahuan tersebut pada tingkat makroskopik. Terdapat pula beberapa cabang antarbidang dan cabang-cabang yang lebih khusus dalam Kimia, antara lain kimia organik, anorganik, kimia fisik, dan kimia nuklir. Transmutasi bagian terbesar dari Kimia Nuklir, yaitu perubahan atau konversi satu objek menjadi objek lain. Transmutasi unsur kimia terjadi melalui reaksi nuklir dan disebut dengan transmutasi nuklir. Transmutasi alami terjadi bila unsur radioaktif secara spontan meluruh melalui suatu periode waktu yang panjang dan berubah menjadi unsur lain yang lebih stabil. Transmutasi buatan terjadi pada mesin yang memiliki cukup energi untuk menyebabkan perubahan pada struktur nuklir unsur tersebut. Mesin yang mampu menyebabkan transmutasi buatan, antara lain akselerator partikel dan reaktor tokamak.

Adapun Biologi (ilmu hayat) adalah ilmu mengenai kehidupan. Objek kajian Biologi sangat luas dan mencakup semua makhluk hidup. Karenanya, dikenal berbagai cabang Biologi yang mengkhususkan diri pada setiap kelompok organisme, seperti Botani, Zoologi, dan Mikro-Biologi.

Berbagai aspek kehidupan dikaji. Ciri-ciri fisik dipelajari dalam Anatomi, sedang fungsinya dalam Fisiologi. Perilaku makhluk hidup dipelajari dalam Ekologi, baik pada masa sekarang dan masa lalu (dipelajari dalam Biologi *Evolusioner* dan *Paleobiologi*). Biologi Radiasi dan Biologi Terapi erat kaitannya dengan nuklir. Radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau partikel yang menimbulkan efek pada asam *deoksibribonukleat* atau *Deoxyribonucleid Acid (DNA)*. Oleh karena itu, di dalam biologi radiasi dipelajari efek deterministik radiasi pada kesehatan manusia.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir dalam Standar Isi

Standar Isi (SI) sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2006 (Depdiknas, 2006) berisi tentang materi minimal dan tingkat kompetensi minimal untuk mencapai kompetensi lulusan minimal pada jenjang dan jenis pendidikan tertentu. Konsep pendidikan Iptek Nuklir, walaupun tidak sama persis tetapi cukup sesuai dengan SI di dalam rumusan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) mata pelajaran Fisika SMA/MA kelas XII semester II dinyatakan sebagai berikut: "Menunjukkan aplikasi konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari". Pemanfaatan iptek nuklir dalam

bidang energi dapat dijelaskan dalam mata pelajaran Fisika. Adapun pemanfaatan radiasi dari unsur radioaktif tidak saja menjadi dominasi materi dalam pelajaran Fisika melainkan dapat pula dimuatkan dalam mata pelajaran Kimia dan Biologi. Tabel 1 menunjukkan konsep iptek nuklir dan penerapannya pada SI mata pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Materi pendidikan Iptek nuklir cukup banyak oleh karena itu tidak mungkin untuk dimuatkan seluruhnya ke dalam buku pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi di SMA/MA. Hanya materi yang bersifat mendasar dan strategis saja yang mungkin dapat disampaikan dalam buku pelajaran di SMA/MA. Beberapa buku dari berbagai penerbit yang banyak digunakan guru dan peserta didik saat ini sudah memasukkan teori pendidikan Iptek Nuklir secara rinci. Namun semuanya yang dimuat belum mencakup prinsip dasar dan komponen strategis dari pendidikan Iptek Nuklir yang mutakhir. Apalagi bahasan setiap buku hampir mirip satu dengan lainnya (Eko Mahdi, Dhandang, dkk. 2009). Tabel 2 menyajikan hasil analisis buku pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi.

Hasil analisis buku pelajaran di SMA menunjukkan berbagai kelemahan dalam buku pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi yang dipakai guru dan siswa. Teori yang terlalu tinggi untuk

Tabel 1. Distribusi Materi Iptek Nuklir pada Pelajaran Fisika, Biologi, Kimia SMA/MA

Iptek nuklir		Mata Pelajaran	SK dan KD Standar Isi	Kelas
Bidang	Isi materi			
Pertanian	pencarian bibit unggul, pengendalian hama	Biologi	SK: Memahami prinsip dasar bioteknologi serta implikasinya pada salingtemas KD: - Menjelaskan arti, prinsip dasar, dan jenis-jenis bioteknologi - Menjelaskan dan menganalisis peran bioteknologi serta implikasinya pada salingtemas	XII/2
		Kimia	SK: Memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam KD: Mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya	XII/1

Makanan, minuman	pengawetan makanan, pencarian sumber mata air	Fisika	SK: Menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari KD: - Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari	XII/2
		Kimia	SK: Memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam KD: Mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya	XII/1
Kesehatan	pengobatan kanker, pembuatan radiofarmaka	Biologi	SK: Memahami penerapan konsep dasar dan prinsip-prinsip hereditas serta implikasinya pada Salingtemas KD: Menjelaskan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas	XII/1
		Biologi	SK: Memahami prinsip dasar bioteknologi serta implikasinya pada salingtemas KD: - Menjelaskan arti, prinsip dasar, dan jenis-jenis bioteknologi - Menjelaskan dan menganalisis peran bioteknologi serta implikasinya pada salingtemas	XII/2
		Kimia	SK: Memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam KD: Mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya	XII/1
		Fisika	SK: Menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari KD: - Mengidentifikasi karakteristik inti atom dan radioaktivitas - Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari	XII/2
Industri	pengukuran tebal bahan, Pengerasan material, sterilisasi bahan, pencarian kebocoran (pipa, bendungan), detektor asap	Kimia	SK: Memahami karakteristik unsur-unsur penting, kegunaan dan bahayanya, serta terdapatnya di alam KD: Mendeskripsikan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan sifat-sifat kimia, kegunaan, dan bahayanya	XII/1
		Fisika	SK: Menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari KD: - Mengidentifikasi karakteristik inti atom dan radioaktivitas - Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari	XII/2
Energi	Reaktor fisi: reaktor pembangkit listrik Reaktor fusi: reaktor pembangkit listrik. Batere nuklir	Fisika	SK: Menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari KD: - Mengidentifikasi karakteristik inti atom dan radioaktivitas - Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari	XII/2

Sumber: Dhandang, Eko Madi, Zubaidah, Rismianto, Mariati, Ety Sofiatiningrum, Sri Hidayati, Dimas Irawan. Hasil Analisis Standar Isi Fisika, Kimia, dan Biologi di SMA (2009)

Tabel 2. Analisis Buku Pelajaran Fisika, Kimia, dan Biologi SMA/MA

Buku Pelajaran	Analisis
Fisika	<ol style="list-style-type: none"> Umumnya pembahasan dalam buku lebih mendalam dari SK dan KD terkesan kurang relevan dan teori terlalu tinggi untuk SMA. Misalnya, pembahasan mengenai fisika inti dan radioaktivitas sangat rinci, namun terlalu teoritis Aplikasi fenomena fisika inti dan radioaktivitas didominasi dalam bidang energi dalam bidang lain misalnya pertanian, kesehatan dan energi belum muncul secara seimbang Pembahasan mengenai bom atom dibahas secara panjang lebar Kesesuaian materi bahasan dengan perkembangan Iptek mutakhir masih kurang relevan dengan keadaan Indonesia
Kimia	<ol style="list-style-type: none"> Umumnya pembahasan dalam buku sudah sesuai dengan SI dan SKL, tetapi materi sangat singkat, kurang mendetail dan masih membahas teori dasar Pembahasan mengenai teori mekanika kuantum berduplikasi dengan pelajaran Fisika Penjelasan mengenai kegunaan radiasi terlalu teoritis belum kontekstual dan sebatas teoritis, belum membahas tentang bahaya unsur radioaktif serta tidak mengkaitkan dengan masalah aplikasi Iptek nuklir yang berkembang saat ini.
Biologi	<ol style="list-style-type: none"> Umumnya pembahasan dalam buku sudah sesuai dengan SK dan KD. Penyampain materi umumnya sudah baik, sistematis, lengkap dan rinci beserta contoh. Namun ada beberapa yang kurang, misalnya peristiwa mutasi tidak sesuai dengan standar kompetensi kelas XII semester I dan II, namun relatif lengkap. Istilah mutasi radiasi tidak tepat sehingga dapat memberikan dua pemahaman. Hampir tidak ada penjelasan mengenai mutasi somatik dan germinal Ditemukan beberapa istilah dan informasi yang kurang tepat Informasi aplikasi radiasi di bidang pangan sangat sedikit dan ketinggalan belum mengikuti perkembangan Iptek mutakhir saat ini

Sumber: Eko Madi, Dhandang, Zubaidah, Rismianto, Mariati, Ety Sofiatiningrum, Sri Hidayati, Dimas Irawan. Hasil Analisis Buku Pelajaran IPA di SMA (2009)

SMA ditemukan pada pelajaran Fisika namun sangat kurang dalam aplikasi. Pada pelajaran Kimia ada kesesuaian antara SI dengan yang dibahas di buku pelajaran, namun tetap didominasi oleh teori dasar yang kurang kontekstual dengan masalah aplikasi Iptek nuklir yang berkembang saat ini. Pembahasan dalam buku Biologi sudah sesuai dengan SI, namun ditemukan beberapa istilah dan informasi yang kurang tepat misalnya tentang peristiwa mutasi dan aplikasi radiasi di bidang pangan sangat sedikit dan sudah ketinggalan, belum mengikuti perkembangan iptek mutakhir saat ini.

Pembelajaran Iptek Nuklir

Pembelajaran Iptek Nuklir erat kaitannya dengan pembelajaran IPA, karena konsep nuklir bagian dari IPA. Beberapa ilmuwan memberikan definisi IPA sesuai dengan pengamatan dan pemahamannya. Carin (1989) mendefinisikan IPA sebagai "*The activity of questioning and exploring the universe and finding and expressing it's hidden order*". Carin (1989) mengungkapkan ada tiga kemampuan dalam IPA, yaitu: 1) kemampuan untuk mengetahui apa yang diamati; 2) kemampuan memprediksi apa yang belum diamati; dan 3) kemampuan untuk menguji tindak lanjut hasil

pengamatan atau eksperimen. Oleh karena itu, IPA mengandung makna mengajukan pertanyaan, mencari jawaban, memahami jawaban, menyempurnakan jawaban, tentang "apa", "mengapa", dan "bagaimana" baik tentang gejala alam maupun karakteristik alam sekitar melalui cara-cara sistematis yang akan diterapkan dalam lingkungan dan teknologi. Belajar IPA tidak sekedar belajar informasi tentang fakta, konsep, prinsip, hukum IPA dalam wujud 'pengetahuan deklaratif', akan tetapi belajar IPA juga belajar tentang cara memperoleh informasi IPA, cara IPA dan teknologi bekerja dalam bentuk pengetahuan prosedural, termasuk kebiasaan bekerja ilmiah dengan metode ilmiah dan sikap ilmiah. Oleh karena itu, selain sebagai produk, IPA juga sebagai proses dan sikap ilmiah yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Dalam pembelajaran IPA dikenal istilah pendekatan PAKEM yaitu pembelajaran aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan (Darliana, <http://www.p4tkipa.org>). PAKEM adalah pembelajaran yang dilaksanakan dengan mengaktifkan peserta didik dalam belajar IPA. Dalam pelaksanaan PAKEM, guru tidak menjelaskan konsep, prinsip, atau teori IPA, dan memberi contoh penyelesaian soal, melainkan hanya sebagai fasilitator, pelatih, motivator, dan evaluator. Kreativitas peserta didik dicapai melalui kemampuan mereka dalam membentuk gagasan-gagasan baru atau mengembangkan gagasan yang sudah ada, misalnya pengembangan cara memecahkan masalah, atau membentuk gagasan baru mengenai susunan alat atau model. Pembelajaran yang menyenangkan adalah pembelajaran yang mengakrabkan hubungan guru-peserta didik, menggunakan multimetode, sehingga menarik minat peserta didik. Kenyataannya sampai saat ini kompetensi guru masih jauh dari yang diharapkan terutama guru-guru di daerah. Guru di kota besar terutama dari sekolah-sekolah terbaik, sudah cukup baik kualitasnya. Mereka punya kesempatan dan fasilitas yang baik untuk mengembangkan diri. Sebagian dari mereka sudah menggunakan komputer dalam proses pembelajarannya, bahkan ada yang mampu membuat perangkat-perangkat lunak pembelajaran. Perlu pelatihan yang akan membantu guru untuk meng-update konten yang dimiliki dan juga memperbaiki metode pembelajaran (Yohanes

Surya: <http://www.yohanessurya.com>). Untuk konsep-konsep yang abstrak dan sulit saat ini telah banyak beredar *software* interaktif dan edukatif yang mengacu pada Standar Isi mencakup visualisasi konsep peserta didik dengan animasi, dilengkapi dengan simulasi interaktif, evaluasi dan latihan dengan metode interaktif, video, dan animasi multimedia.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan yaitu penelitian deskriptif survei yang digali dari kuesioner yang hasilnya merupakan fakta atau opini yang diberikan oleh responden pada saat penelitian dilakukan (Arikunto, 2000). Penetapan lokasi dengan keterwakilan sejumlah populasi ditetapkan secara purposif berdasarkan daerah yang sudah dan yang belum mendapatkan sosialisasi tentang Iptek nuklir dari BATAN. Daerah yang menjadi lokasi pengumpulan data, yaitu Yogyakarta, Surabaya, Balikpapan, Tanjung Pinang, Mataram, dan Makassar yang dilaksanakan pada minggu tanggal 4 s.d Agustus 2009. Teknik pengumpulan data melalui kuesioner, menonton CD interaktif, dan *focus group discussion* (FGD). Sekolah yang dijadikan sampel, yaitu sekolah yang sudah melaksanakan Standar Isi dan KTSP di SMA, sedangkan lokasi studi dipilih sebagai responden adalah guru Biologi, Fisika, dan Kimia di SMA sebanyak 18 orang setiap kota, dimana masing-masing 6 orang guru untuk setiap mata pelajaran.

Hasil Studi dan Pembahasan

Sejumlah informasi yang berhasil diperoleh dari guru Fisika, Kimia, dan Biologi melalui pengisian kuesioner *pretest* (sebelum perlakuan) dan *posttest* (sesudah perlakuan). Data dan informasi meliputi aspek iptek dalam standar isi, iptek nuklir dalam buku pelajaran, pembelajaran iptek nuklir, serta pemahaman guru terhadap konsep dan aplikasi Iptek Nuklir.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir dalam Standar Isi (SI)

Sebagian besar guru berpendapat bahwa materi iptek nuklir sudah cukup termuat dalam standar isi. Untuk mata pelajaran Fisika materi yang diajarkan yaitu inti atom, radioaktivitas, defek massa, dan gaya inti. Kegiatan pembelajarannya

yaitu dengan cara diskusi, informasi, demonstrasi dan tugas kelompok. Dalam mata pelajaran Kimia materi yang diajarkan yaitu sejarah atom, sifat-sifat unsur, perbedaan sinar alfa, beta, gamma, pita kestabilan, persamaan reaksi, waktu paroh, manfaat dan bahaya radiasi. Kegiatan pembelajarannya yaitu diskusi, informasi, latihan menghitung, presentasi dan tugas kelompok. Adapun pada mata pelajaran Biologi materi yang diajarkan, yaitu Bioteknologi dan Mutasi. Hampir semua guru menyatakan kegiatan pembelajarannya dengan diskusi dan tugas kelompok. Dari 108 guru yang menjadi responden sebagian besar menyatakan materi Iptek Nuklir yang tertuang dalam kompetensi dasar (KD) memadai yaitu 48 orang dan 60 orang pada *pretest* dan *posttest* seperti pada Diagram 1.

dan jenis bioteknologi, mutasi dan implikasinya bagi lingkungan. Berdasarkan hal tersebut seyogianya guru dalam merancang pembelajaran mengutamakan konsep dasar dan pemanfaatan Iptek nuklir dalam teknologi dan implikasinya pada lingkungan dan masyarakat seperti yang tertuang dalam Standar Isi.

Menyangkut materi yang perlu ditambahkan dalam Standar Isi, sebanyak 60 guru menyatakan aplikasi iptek nuklir yang berkembang saat ini perlu ditambahkan.

Standar Isi masih perlu dikembangkan lebih rinci pada sejumlah indikator pembelajaran. Secara eksplisit aplikasi iptek nuklir memang tidak tertuang dalam SI, namun seyogianya guru dapat mengembangkan pembelajaran dikaitkan dengan penerapan dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari seperti yang tertuang dalam SI.

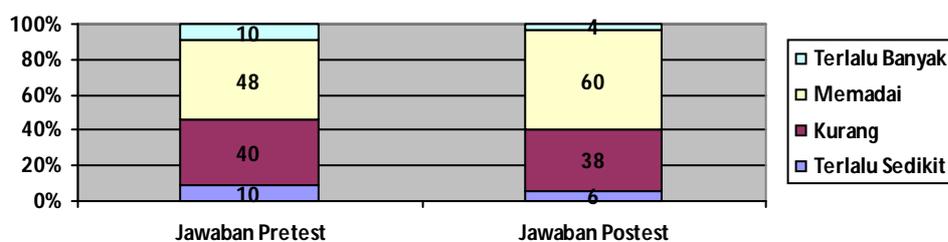


Diagram 1. Materi Iptek Nuklir dalam Standar Isi

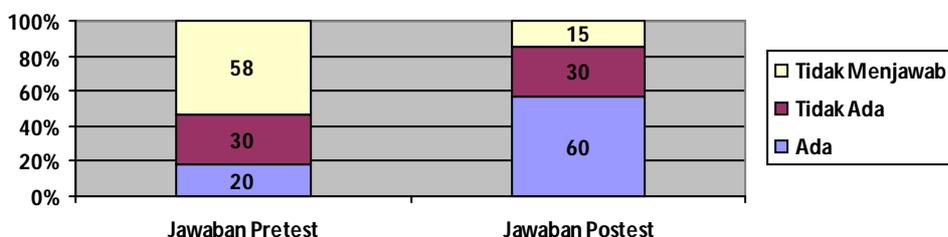


Diagram 2. Penambahan Materi dalam Standar Isi

Standar Isi mata pelajaran baik Fisika, Kimia, maupun Biologi sudah memuat tentang konsep dasar dan aplikasi Iptek nuklir yang tertuang dalam setiap KD. Materi yang dipelajari melalui Fisika, antara lain konsep dasar Fisika Inti dan pemanfaatan radioaktif dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari. Kimia membahas tentang kegunaan dan sifat kimia unsur radioaktif dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Adapun Biologi membahas tentang prinsip dasar

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir dalam Buku Pelajaran

Sebagian besar guru menyatakan pembahasan iptek nuklir yang ada dalam buku pelajaran sudah memadai seperti diperlihatkan dalam Diagram 3. Teori tentang bom atom dan sejarah penemuan atom mendominasi buku. Sementara aplikasi iptek nuklir masa kini dalam bidang kesehatan, pertanian, peternakan, industri, dan energi sangat sedikit.

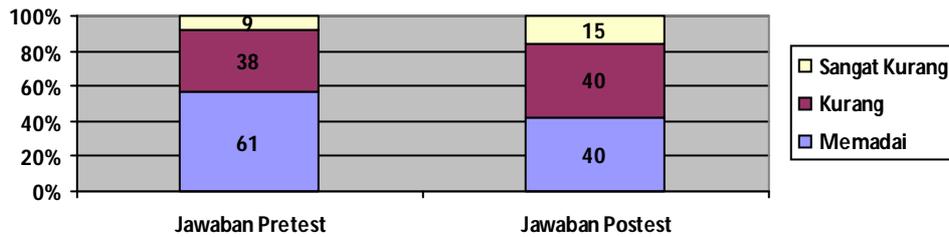


Diagram 3. Iptek Nuklir dalam Buku Pelajaran

Menurut sebagian besar guru, aplikasi iptek nuklir masih menginformasikan contoh-contoh lama. Sama halnya dengan guru, penulis buku kurang mampu mengembangkan KD dalam standar isi menyangkut aplikasi iptek nuklir dalam teknologi dan masyarakat.

Kemungkinan karena kurangnya pemahaman penulis tentang iptek nuklir. Hal ini terlihat dari kesalahan penyampaian informasi baik dalam penggunaan istilah ataupun penjelasan gambar. Sebagian besar guru menggunakan buku Fisika, Kimia, dan Biologi sebagai referensi yang diterbitkan Erlangga dengan cara membeli. Ketersediaan referensi tentang iptek nuklir di sekolah kurang memadai, sehingga dalam proses mengajar guru harus membeli buku terkait dan *browsing* internet (Diagram 4).

Adapun referensi yang digunakan oleh para guru dalam mengajarkan Iptek Nuklir sebagian

besar menggunakan buku pelajaran dari berbagai penerbit, seperti Erlangga, Ganesa, dan Grasindo.

Referensi utama yang dipilih guru yang dianggap memadai untuk mengajarkan iptek nuklir umumnya sarat dengan teori dengan perhitungan matematika yang rumit misalnya reaksi fisi dan fusi pada Fisika. Walaupun dalam SI terdapat penekanan pada penerapan dan kaitannya dengan lingkungan dan masyarakat. Tampaknya referensi guru selain buku pelajaran sangat terbatas sehingga tidak ada perbedaan antara yang tertulis di buku dengan pembelajaran di kelas.

Sebagian besar guru menyatakan bahwa upaya yang dilakukan dalam melengkapi referensi dalam mengajar tentang Iptek nuklir, yaitu dengan *browsing* internet.



Diagram 4. Ketersediaan Referensi Iptek Nuklir

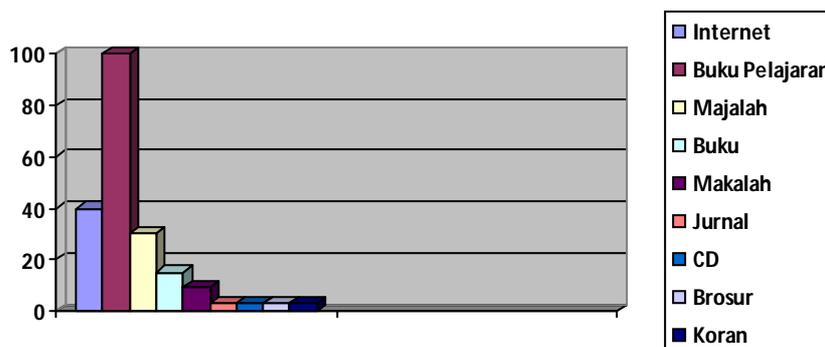


Diagram 5. Jenis Referensi yang Digunakan Guru

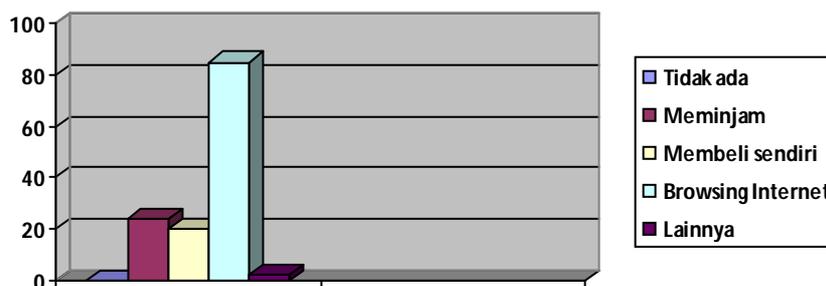


Diagram 6. Upaya untuk Melengkapi Referensi

Pembelajaran Iptek Nuklir

Pada aspek pembelajaran, menunjukkan bahwa bahan ajar di sekolah belum memberikan pengetahuan atau wawasan tentang iptek nuklir baik kepada guru maupun peserta didik.

penugasan. Pembelajaran seakan tergesa-gesa, sebab berada di kelas XII semester 2 yang berdekatan dengan pelaksanaan atau persiapan ujian nasional (UN) sehingga sebagian besar guru biasanya memberi tugas saja.

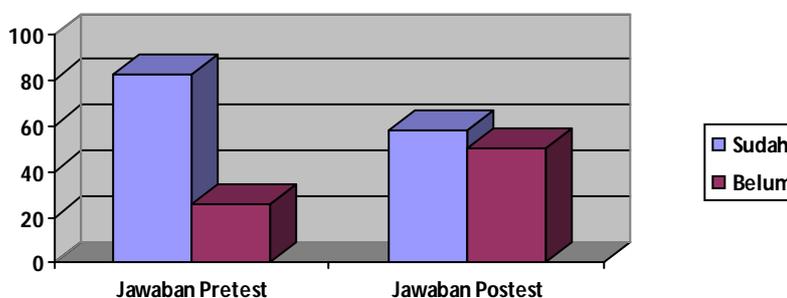


Diagram 7. Pengetahuan Iptek Nuklir dalam Pembelajaran

Diagram 7 memperlihatkan bahwa setelah perlakuan pendapat sebagian responden berubah, kemungkinan disebabkan bertambahnya pengetahuan mereka tentang iptek nuklir setelah perlakuan. Pada umumnya guru tidak mengalami kesulitan dalam mengajarkan materi Iptek nuklir sesuai dengan buku referensi yang dipakai. Metode pembelajaran biasanya ceramah, diskusi, dan pemberian tugas pada pengenalan dan informasi teoritis saja seperti pada buku pelajaran, karena kurang referensi dan sumber belajar lainnya. Materi yang menurut guru sulit untuk diajarkan, yaitu induksi mutasi oleh radiasi.

Isi pembelajaran seyogianya dapat dikembangkan berdasarkan rumusan kompetensi dasar yang ada dalam SI, namun pembelajaran hanya mengikuti buku pelajaran yang juga kurang dapat menjabarkan KD tersebut. Selain itu, metode pembelajaran kurang mencerminkan pembelajaran aktif seperti yang dirumuskan dalam kurikulum dominan menggunakan ceramah dan

Pemahaman Guru terhadap Konsep dan Aplikasi Iptek Nuklir

Pemahaman sebagian besar Guru tentang Iptek Nuklir masih rendah. Ketika mendengar kata "Iptek Nuklir" *image* atau kesan yang timbul pada sebagian besar guru yaitu bom atom, Chernobyl, dan senjata nuklir.

Sebagian besar responden menunjukkan pandangan negatif pemanfaatan iptek nuklir. Setelah perlakuan ada perubahan pandangan terhadap nuklir bukan pada bom atom dan Chernobyl, tetapi lebih objektif pada pemanfaatan nuklir. Kesan responden berbeda pada daerah yang sudah pernah mendapatkan diseminasi dari BATAN, misalnya Yogyakarta dan Surabaya sebelum dan sesudah perlakuan, jawaban guru bukan pada bom atom dan senjata nuklir, tetapi pada pemanfaatan nuklir.

Pemahaman guru tentang materi pendukung iptek Nuklir, sebagian besar guru mengatakan sejarah penemuan, atom dan radiasi, interaksi

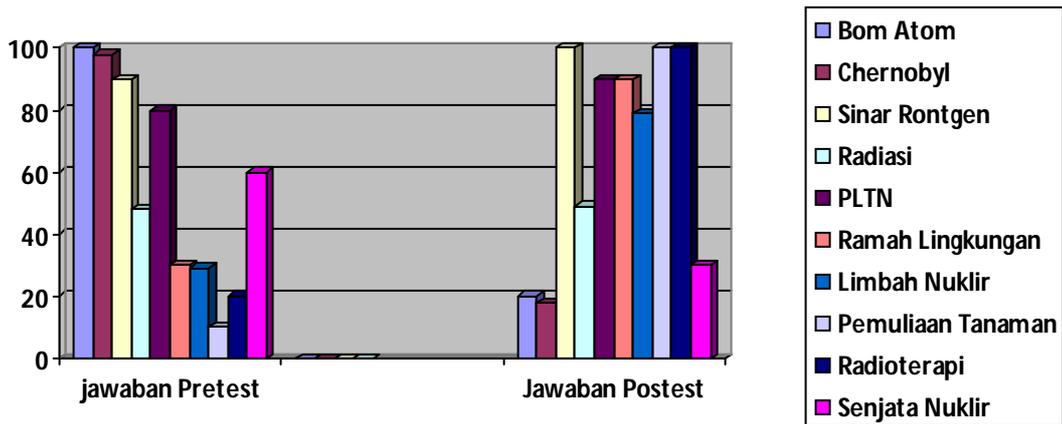


Diagram 8. Kesan yang Timbul dengan Kata "Iptek Nuklir"

radiasi, dan keselamatan radiasi. Setelah perlakuan sebagai besar guru berpendapat materi pendukung lebih seimbang antarteori dan aplikasi iptek nuklir.

Terkait dengan aspek iptek nuklir dalam SI, menunjukkan bahwa pemahaman guru terhadap Standar Isi terkait iptek nuklir masih rendah berdasarkan uraian indikator pencapaian kompetensi dasar yang dibuat. Uraian indikator belum mencerminkan konsep dasar dan pemanfaatan iptek nuklir dalam kehidupan sebagaimana tertuang dalam standar isi. Pemahaman guru terkait dengan manfaat iptek nuklir dalam kehidupan, diperlihatkan sebelumnya didominasi oleh PLTN dan kesehatan, namun setelah adanya perlakuan responden memberikan jawaban yang seimbang dengan industri, pertanian, peternakan, lingkungan dan sumber daya air sebagaimana manfaat nuklir saat ini (Diagram 10).

Diagram menunjukkan guru lebih memahami berbagai manfaat iptek nuklir setelah perlakuan.

Adapun pada aspek sumber energi terbarukan lainnya selain nuklir, sebagian responden berpendapat bahwa sumber energi alternatif yang terbarukan yang dapat menggantikan energi fosil adalah energi matahari karena lebih mudah diperoleh dan tersedia berlimpah mengingat posisi Indonesia berada pada garis katulistiwa.

Para guru berpendapat bahwa keuntungan PLTN adalah penghasil listrik dengan daya sangat besar, efisien, dan ramah lingkungan, tetapi mempunyai kelemahan, yaitu adanya paparan dan limbah radiasi, serta memerlukan biaya besar untuk pembangunannya. Aplikasi radiasi yang paling banyak diketahui responden adalah bidang kesehatan/kedokteran dan pertanian melalui informasi yang umumnya diperoleh dari TV dan koran. Pembangunan PLTN di Indonesia diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat karena dapat menyediakan energi sangat besar untuk keperluan industri. Selain itu para responden mengharapkan materi iptek nuklir

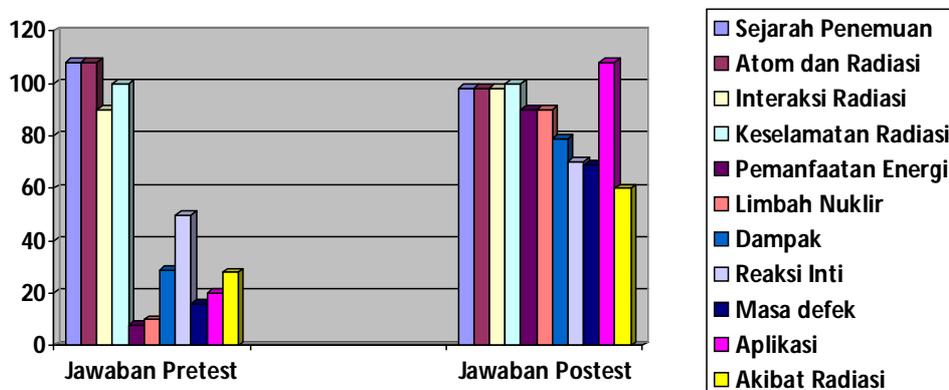


Diagram 9. Materi Pendukung Iptek Nuklir

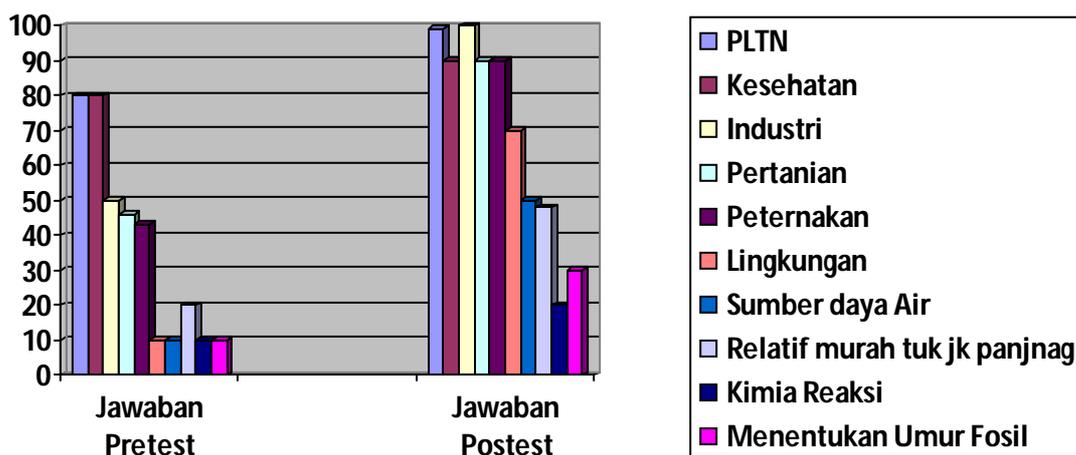


Diagram 10. Manfaat Iptek Nuklir dalam Kehidupan

diberikan secara lengkap pada peserta didik SMA mulai dari teori atom, radiasi, aplikasi iptek nuklir, PLTN, iptek nuklir, dan aspek keselamatannya.

Wawasan responden tentang iptek nuklir belum baik atau belum pro iptek nuklir, masih didominasi oleh konsep lama belum pada konsep baru yang berkembang saat ini. Hal ini kemungkinan karena kurang dapat menjabarkan standar isi dan kurang referensi.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Mengacu pada hasil studi dan pembahasan, disimpulkan sebagai berikut. Pertama, iptek Nuklir dalam Standar Isi. Materi iptek nuklir dalam Standar Isi dianggap cukup memadai, namun sebagian besar guru menyatakan masih ada materi yang perlu ditambahkan terutama aplikasi iptek nuklir mutakhir untuk kesejahteraan manusia yang sudah banyak digunakan saat ini. Sebagian besar guru kurang mendapatkan informasi tentang kemajuan iptek nuklir, oleh karena itu perlu dimasukkan dalam Standar Isi.

Kedua, iptek nuklir di buku pelajaran. Referensi utama yang digunakan oleh guru dalam mengajarkan iptek nuklir adalah buku pelajaran dari berbagai penerbit yang dipilih oleh guru berdasarkan kelengkapannya. Ketersediaan referensi tentang iptek nuklir di sekolah kurang memadai. Sudah ada kesesuaian bahasan buku pelajaran dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar dalam Standar Isi, namun isi buku terlalu teoritis kurang membahas aplikasi iptek nuklir dalam kehidupan.

Ketiga, pembelajaran Iptek Nuklir, bahan ajar di sekolah dianggap kurang memadai memberikan pengetahuan/wacana tentang iptek nuklir dan manfaatnya, sehingga pembelajaran sebatas pengenalan dan informasi dalam bentuk ceramah, diskusi, dan penugasan. Ada beberapa kendala yang dihadapi guru dalam mengajarkan iptek nuklir antara lain belum sinkron antara buku dan kurikulum, alokasi jam pelajaran yang kurang, sulit melakukan demonstrasi atau visualisasi, sulit membuat animasi komputer. Selain itu materi iptek nuklir berada di kelas XII semester 2, sehingga terkesan terabaikan karena guru lebih terfokus pada persiapan UN.

Keempat, konsep dan aplikasi iptek nuklir. Pemahaman sebagian besar guru tentang iptek nuklir masih kurang baik. Kesan yang timbul pada sebagian besar guru tentang iptek nuklir yaitu bom atom, Chernobyl, dan senjata nuklir. Sebagian besar responden menunjukkan pandangan negatif pemanfaatan iptek nuklir sebelum perlakuan. Setelah dilakukan perlakuan terjadi perubahan pandangan terhadap nuklir bukan pada bom atom dan Chernobyl tetapi lebih objektif pada pemanfaatan iptek nuklir pada berbagai bidang kehidupan yaitu pertanian dan peternakan, industri, kesehatan, dan energi.

Saran

Mengacu pada simpulan studi, maka disarankan sebagai berikut. Pertama, perlu melakukan penataan ulang terhadap kurikulum terutama perbaikan pada Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar tentang Iptek Nuklir. Perubahan

ini merupakan penambahan aplikasi Iptek Nuklir mutakhir secara eksplisit dalam berbagai bidang kesejahteraan manusia dengan mengurangi teori tentang sejarah penemuan, atom, dan radiasi yang terlalu rumit. Usulan perubahan lain adalah menghindari adanya duplikasi pembahasan Fisika Inti antara mata pelajaran Fisika dan Kimia. Selain itu, guru perlu dilatih agar menguasai cara mengembangkan pembelajaran berdasarkan Standar Isi.

Kedua, pemerintah dalam hal ini Badan Energi Nuklir Nasional (BATAN) atau Pusat Kurikulum dan Perbukuan perlu menyusun buku suplemen tentang materi iptek Nuklir mengingat buku yang beredar terlalu teoritis dan kurang kontekstual. Selain itu, perlu mengembangkan pembelajaran Iptek Nuklir berbasis TIK dengan menggunakan multi media, misalnya CD interaktif untuk mendukung penguasaan terhadap konsep dan penerapan iptek nuklir.

Ketiga, guru dan pihak terkait perlu menyusun dan mengembangkan model-model pembelajaran sehingga pembelajaran Iptek Nuklir dapat mendukung pembelajaran secara aktif, efisien, dan efektif, serta memudahkan pemahaman peserta didik dalam memahami konsep dan penerapan iptek nuklir serta menjadikan pembelajaran menjadi lebih menarik dan menyenangkan.

Keempat, guru perlu banyak membaca buku-buku dan/atau majalah tentang informasi mutakhir berkaitan dengan perkembangan iptek nuklir untuk menambah wawasan dan penerapannya dalam proses pembelajaran, sehingga selalu *up to date* sesuai dengan perkembangan zaman. Selain itu, secara proaktif mencari informasi yang berkaitan dengan iptek nuklir melalui website/ internet.

Pustaka Acuan

- Antara News. 3 Juli 2007. *Kebocoran Reaktor Jadi Alasan Penolakan PLTN*. (<http://www.antaranews.com>), diunduh tanggal 15 September 2010.
- Arikunto, Suharsimi. 2000. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Tenaga Atom Nasional. 2008. *Energi Nuklir sebagai Bagian dari Sistem Energi Nasional jangka Panjang* (Paket Informasi BATAN).
- Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2009. *Hubungan antara Manusia dengan Energi* (<http://www.batan.go.id>), diunduh tanggal 12 November 2010.
- Carin Arthur A, Sund Robert B. 1989. *Teaching Science through Discovery*. Sixth Edition. Columbus-Ohio: Meririll Publishing Company.
- Darlina. 2010. *Pakem IPA*. (<http://www.p4tkipa.org>), diunduh tanggal 2 Juli 2011.
- Departemen Pendidikan Nasional. *Statistik Pendidikan Nasional Tahun 2006/2007*. (<http://www.depdiknas.go.id/statistik>), diunduh tanggal 20 Agustus 2010.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional (Permendiknas) Nomor 22 Tahun 2006. tentang Standar Isi Mata Pelajaran Biologi, Fisika, dan Kimia*.
- Dhandang, Eko Madi, Zubaidah, Rismianto, Mariati, Etty Sofiatiningrum, Sri Hidayati, Dimas Irawan. 2009. Hasil Analisis Standar Isi (SI) dan Buku Fisika, Kimia, dan Biologi SMA. (Kerja sama Pusat Kurikulum dan BATAN).
- Hewit, G Paul. 1998. *Conceptual Physics*. USA: RR Donnenney & Sons Company.
- Kompas, Senin, 23 Februari 2009 Nuklir dan Radiasi untuk Kehidupan (<http://www.kompas.com>), diunduh tanggal 20 Agustus 2010.

Kompas Selasa, 24 Februari 2009. Dewan Pupuk Indonesia Harapkan Pupuk Nuklir.

Moore Patrick *Jump-Starting Nuclear Energy* (<http://www.greenspiritstrategis.com>). (March 5, 2010), diunduh tanggal 20 Agustus 2010.

Permana, Sidik. Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology Suebu International. Energi Nuklir dan Kebutuhan Energi Masa Depan. 2005. *Inovasi online*. Edisi Vol 5/XVII/November 2005 (<http://io.ppi-jepang.org>). Diunduh tanggal 10 Desember 2010.

Sukesi Keppi, Sugiyanto, Sumardi H S, Iwan Nurhadi, Dina Novia, Setyo Yuli Handono, dan Henny Rosalinda. 2008. Kajian Aspek Budaya Masyarakat terhadap IPTEK Nuklir. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, XX 1 39-49.

Surya Yohanes. 2010. *Pembelajaran IPA dan Matematika serta masalahnya*. 19 Januari 2010 (<http://www.yohanessurya.com>), diunduh tanggal 20 Agustus 2010.

Yoga, Eko Mahdi, Alvini Pranoto. 2007. *Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir*. Buku Suplemen untuk Sekolah Menengah Atas. Kementerian Negara Riset dan Teknologi (RISTEK).