

## Integrasi Nanoteknologi Dalam Pembelajaran Di Era *Society 5.0*: Kajian dari Perspektif Pembelajaran Fisika

Harry Affandy<sup>1</sup>

Doctorate Program of Natural Science Education, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Jalan Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Telp/Fax (0271) 648939

\*Corresponding author e-mail: [affandy\\_hry@student.uns.ac.id](mailto:affandy_hry@student.uns.ac.id)

### Info Artikel

#### Riwayat Artikel :

Diterima 12 Juli 2020

Disetujui 25 September 2020

Diterbitkan 30 Oktober 2020

#### Kata Kunci:

Fisika;  
Integrasi;  
Nanoteknologi;  
Society 5.0.

### ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peranan dan prinsip integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran di Era society 5.0. Kajian integrasi tersebut ditinjau dari perspektif pembelajaran Fisika. Metode kajian yang digunakan untuk mengungkap prinsip dan faktor yang mempengaruhi efektivitas integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika, kajian yang dipaparkan pada tulisan ini didasarkan pada analisis literatur yang relevan (desk analysis). Prinsip dasar dalam penggunaan nanoteknologi dalam pendidikan Fisika adalah sebagai penguat pemahaman konseptual dan intuisi Fisika, sehingga pembelajaran tidak hanya sebatas mengetahui tetapi dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Dengan demikian, Guru dapat menciptakan suatu kondisi yang dapat menimbulkan motivasi belajar pada siswa sehingga siswa antusias untuk belajar. Tiga faktor yang perlu diperhatikan terkait dengan pengembangan dan integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika, yaitu: faktor desain rancangan teknologi, faktor peranan guru dalam penerapan teknologi tersebut, dan faktor konteks pendidikan dimana teknologi tersebut diterapkan.



© 2020 The Authors

This is an open access article under the CC BY license

### PENDAHULUAN

Revolusi industri dapat dipandang sebagai suatu perubahan cara hidup manusia dan proses kerja secara fundamental (Kompas, 2018). Pada era Industri 4.0, tercipta kemajuan teknologi informasi yang mengintegrasikan dua dunia; dunia kehidupan dengan dunia digital, yang tentunya berdampak terhadap berbagai disiplin ilmu (Kemenperin, 2017).

Kehadiran revolusi Industri 4.0 membuat wajah baru dalam fase kemajuan teknologi suatu bangsa. Dalam revolusi Industri 4.0, teknologi manufaktur telah memasuki fase pada *trend* otomatisasi dan pertukaran data. Yaitu mencakup sistem *cyber-physic*, *internet of things* (IoT), *cloud computation*, dan *cognitive computation* (Fukuda, 2020). Lahirnya teknologi digital yang menyertai Revolusi Industri 4.0 berdampak terhadap tatanan kehidupan manusia di seluruh dunia.

Penghambat jalannya Revolusi Industri 4.0 diantaranya adalah kurangnya keterampilan tenaga kerja yang memadai, masalah keamanan teknologi komunikasi, keandalan stabilitas mesin produksi, ketidakmampuan untuk berubah oleh pemangku kepentingan, serta banyaknya kehilangan pekerjaan karena semua berubah menjadi otomatis (Kompas, 2018).

Pada sisi lain, teknologi juga berdampak positif, yaitu tergantung bagaimana individu dalam meminimalisir resiko dan memanfaatkan peluang yang muncul pada transformasi Revolusi Industri 4.0. Hal ini dapat terjadi sangat berbeda dengan apa yang dialami oleh manusia sebelumnya.

Negara Jepang menyampaikan bahwa dunia saat ini akan memasuki era Society 5.0 atau Masyarakat 5.0. Secara konsep adalah tatanan masyarakat yang berpusat pada manusia (*human-*

*centered*) dari kecanggihan teknologi yang dihasilkan. Revolusi industri 4.0 dengan salah satu produk berupa kecanggihan teknologi informasi, dinilai berpotensi dalam mendegradasi peran manusia. Hal ini yang membuat Jepang mencetuskan sebuah konsep yaitu Society 5.0. Salah satu ide dasar dari konsep ini, diharapkan produk kecerdasan buatan akan mentransformasi *big data* dari produk transaksi *internet* pada segala bidang kehidupan menjadi suatu kearifan yang baru. Yaitu, menciptakan harapan untuk meningkatkan kemampuan manusia dalam membuka peluang-peluang baru bagi kemanusiaan (Nieuważny et al., 2020).

Konsep *Society 5.0* adalah konsep masyarakat masa depan yang dicita-citakan oleh pemerintah Jepang. Pemerintah Jepang mengemukakan bahwa era *Industry 4.0* lebih berfokus pada proses produksi, sedangkan *Society 5.0* lebih menekankan pada upaya menempatkan manusia sebagai pusat inovasi (*human centered*) adapun kemajuan teknologi dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas hidup, tanggung jawab sosial dan berkembang keberlanjutan (Fukuda, 2020).

Kompleksitas kondisi kehidupan masyarakat era *Society 5.0*, peserta didik tidak cukup dibekali dengan kemampuan membaca, menulis dan berhitung atau lebih dikenal dengan sebutan “Tree R” (reading, writing, arithmetic), tetapi juga perlu dibekali kompetensi masyarakat global atau juga disebut kecakapan abad 21, yakni kemampuan berkomunikasi, kreatif, berpikir kritis, dan berkolaborasi atau dikenal dengan sebutan “4Cs”, yaitu *communicators, creators, critical thinkers, and collaborators* (Ustundag & Cevikcan, 2018).

Era *society 5.0* ditandai peningkatan program digitalisasi yang didukung oleh empat faktor: 1) peningkatan volume data, kekuatan komputasi, dan konektivitas; 2) munculnya analisis, kemampuan, dan kecerdasan bisnis; 3) terjadinya bentuk interaksi baru antara manusia dengan mesin; dan 4) instruksi transfer digital ke dunia fisik, seperti robotika dan 3D printing (Fukuda, 2020).

Revolusi industri 4.0 dan *society 5.0* merupakan momentum perubahan bagi negara berkembang, termasuk Indonesia. Bangsa Indonesia memiliki kesempatan untuk mengejar ketertinggalan dan menjadi negara maju. Meskipun Indonesia memiliki karakter demografi yang berbeda dengan Jepang dan bahkan diproyeksikan Indonesia akan mencapai bonus demografi mulai tahun 2020 sampai dengan tahun 2035, namun model *society 5.0* yang diperkenalkan Jepang yang fokus pada kerja sama antara manusia dan mesin dan menitikberatkan pada kesiapan masyarakat secara inklusif (baik tua-muda atau di perkotaan-perdesaan) untuk menyambut perubahan teknologi, robotisasi, *internet of thing, artificial intelligence*, maupun big data harus menjadi

perhatian, termasuk bagaimana dunia Pendidikan mempersiapkannya (Foresti et al., 2020).

Pendidikan berperan besar dalam mewujudkan kemajuan sebuah bangsa. Pendidikan bertugas menyiapkan generasi yang mampu beradaptasi dan mendukung perkembangan teknologi. Pendidik melalui proses pembelajaran sebagai ujung tombak dalam penyiapan tersebut, termasuk pendidik fisika. Pendidik fisika perlu merancang dan mengembangkan pembelajaran yang diorientasikan pada penyiapan peserta didik untuk lebih siap dalam pemanfaatan dan pengembangan teknologi yang dapat membantu pekerjaan manusia dan untuk membuat hidup lebih bermakna.

*Trend* produk perkembangan teknologi saat ini adalah yang berbasis Nanoteknologi. Nanoteknologi adalah sebuah cabang ilmu yang berfokus pada materi-materi pada ukuran antara 1 hingga 100 nanometer ( $1 \text{ nm} = 10^{-9}$  meter). Pada dasarnya, nanoteknologi adalah perluasan ilmu-ilmu yang ada pada skala nano (Gehrke, 2018). Salah satu aspek skala nano yang terpenting adalah bahwa semakin objek-objek menjadi kecil, semakin besar nisbahnya antara luas permukaan dengan isi padu. Salah satu aspek skala nano yang terpenting adalah bahwa semakin benda menjadi kecil, semakin besar nisbahnya antara luas permukaan dengan volume (Satterfield et al., 2009).

Fenomena ini telah memungkinkan penciptaan bahan-bahan yang menarik serta penggunaan-penggunaan yang baru. Fenomena ini telah memungkinkan penciptaan bahan-bahan yang menarik serta petunjuk-petunjuk yang baru. Bahan-bahan yang legap menjadi transparan (tembaga); bahan yang stabil menjadi bahan dapat bakar (aluminium); padat menjadi cair pada suhu kamar (emas); dan insulator menjadi konduktor (silikon).

Produk nanoteknologi berupa alat-alat solek dan *lotion* pelindung cahaya matahari yang lebih baik, serta seluar kalis air. Perolehan-perolehan cemerlang dalam nanoteknologi telah menghasilkan alat-alat solek dan *lotion* pelindung sinar matahari yang lebih baik, serta celana kedap air.

Teknologi nano adalah pembuatan dan penggunaan materi atau devais pada ukuran sangat kecil. Materi atau devais ini berada pada ranah 1 hingga 100 nanometer (nm). Satu nm sama dengan satu-per-miliar meter ( $0.000000001 \text{ m}$ ), yang berarti 50.000 lebih kecil dari ukuran rambut manusia. Saintis menyebut ukuran pada ranah 1 hingga 100 nm ini sebagai skala nano (nanoscale), dan material yang berada pada ranah ini disebut sebagai kristal-nano (nanocrystals) atau material-nano (nanomaterials).

Skala nano terbilang unik karena tidak ada struktur padat yang dapat diperkecil. Hal unik lainnya adalah bahwa mekanisme dunia biologis dan fisis

berlangsung pada skala 0.1 hingga 100 nm. Pada dimensi ini material menunjukkan sifat fisis yang berbeda; sehingga ilmuwan berharap akan menemukan efek yang baru pada skala nano dan memberi terobosan bagi teknologi.

Terobosan nanoteknologi sangat penting diajarkan di sekolah, karena dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar. Sayangnya dalam Pendidikan di Indonesia belum mengintegrasikan Konsep Nanoteknologi dalam pembelajaran, khususnya pembelajaran Fisika.

Fisika adalah bagian dari ilmu pengetahuan alam, sehingga fisika juga harus berdasarkan temuan yang ilmiah dan terjadi di sekitar. Sehingga dalam pembelajaran fisika harus ditanamkan tentang konsep dasar hingga pengembangan keterampilan sains dan berpikir.

Pembelajaran fisika yang terjadi di lapangan masih minim inovasi. Pembelajaran cenderung berpusat pada pendidik (Utami et al., 2017). Pendidik hanya mentransfer pengetahuannya saja tanpa memikirkan apakah peserta didik sudah memahami konsep yang disampaikan atau belum (Utami et al., 2017). Oleh karena itu, penting untuk dilakukan kajian mengenai integrasi Nanoteknologi dalam pembelajaran.

## METODE

Metode kajian yang digunakan untuk mengungkap prinsip dan faktor yang mempengaruhi efektivitas integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika, kajian yang dipaparkan pada tulisan ini didasarkan pada analisis literatur yang relevan (*desk analysis*).

Pemilihan literatur didasarkan pada dua pertimbangan kriteria, yaitu (1) literatur yang dijadikan dasar memiliki kaitan langsung dengan topik pertanyaan yang ingin diungkap, bukan literatur sekunder, dan (2) konten dari literatur tersebut dapat diyakini validitas dan kredibilitasnya, yaitu bersumber dari literatur yang dipublikasikan oleh penerbit yang bereputasi.

Riset kepustakaan dilakukan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Sumber data yang diambil sebagai berikut: (1) Sumber data primer, yaitu data yang diperoleh dari data-data sumber primer yaitu sumber asli yang memuat informasi atau data berupa artikel ilmiah dan buku. (2) Sumber data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari sumber yang bukan asli, yang memuat informasi atau data tersebut, yaitu dari jurnal nasional maupun internasional.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik *library research*, yakni penelitian kepustakaan dengan menelaah dan menganalisis

buku-buku yang berkaitan langsung maupun tidak langsung dengan judul penelitian ini. Pada penelitian ini berusaha dikumpulkan dan dikaji berbagai pustaka yakni, buku-buku yang relevan dan tulisan ilmiah lainnya yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Tahap pertama, masing-masing literatur utama dan pendukung dikaji secara menyeluruh untuk menemukan ide utama dari sumber tersebut yang terkait dengan topik kajian ini, yaitu menjawab pertanyaan: Apa pandangan pakar terkait dengan integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika? Pertanyaan pokok tersebut kemudian dijabarkan dalam dua sub-pertanyaan, yaitu: (1) Apa prinsip penggunaan nanoteknologi dalam pembelajaran fisika? dan (2) Apa faktor yang mempengaruhi keberhasilan integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika?

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Merujuk pada rumusan masalah dalam kajian ini adalah menjawab dua hal, yaitu bagaimana peranan nanoteknologi dalam pembelajaran fisika dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya, maka diskusi pada bagian ini difokuskan pada dua hal tersebut.

### 3.1. Peranan Nanoteknologi dalam Pembelajaran Fisika

Kajian dalam fisika bersifat non-fisik, yaitu mengkaji struktur ide-ide yang bersifat abstrak. Dengan demikian, Ketika seseorang sedang belajar fisika, sesungguhnya dia sedang mengkaji ide-ide fisika dimana ide-ide tersebut terhimpun dalam kumpulan konsep dan prinsip yang saling berkaitan antara yang satu dengan yang lainnya. Keterkaitan tersebut kemudian membentuk suatu sistem.

Abstraknya objek kajian Fisika ini ditengarai sebagai penyebab sulitnya siswa memahaminya. Dalam hal ini, teknologi digital dipandang sebagai alternatif media yang efektif untuk membantu siswa menemukan dan mengembangkan konsepsi mereka tentang Fisika yang abstrak tersebut (Herayanti et al., 2017).

Kemajuan teknologi menawarkan berbagai kemudahan bagi manusia untuk memperoleh informasi dalam waktu singkat. Pemenuhan kebutuhan manusia akan informasi menjadi lebih cepat dengan hadirnya internet. Salah satu manfaat internet bagi pendidikan adalah sebagai media pembelajaran.

Terdapat tiga fungsi internet sebagai media dalam kegiatan pembelajaran, yaitu sebagai komplemen (pelengkap), suplemen (tambahan), dan substitusi (pengganti). Internet sebagai media pembelajaran menjadi salah satu pilihan yang mendukung kegiatan pembelajaran.

Media dalam pembelajaran merupakan alat yang membantu terlaksananya proses belajar mengajar (Smaldino, Sharon E. Lowther & Russell, 2011). Media pembelajaran adalah semua alat yang digunakan untuk menyampaikan materi pembelajaran kepada peserta didik yang disusun secara terencana oleh pendidik yang dapat merangsang peserta didik untuk belajar secara efektif dan efisien dalam lingkungan belajar yang kondusif.

Pemanfaatan media pembelajaran dapat dimanfaatkan untuk visualisasi yang menggambarkan perkembangan dan manfaat mempelajari Fisika dalam nanoteknologi. Media bukanlah satu-satunya komponen penentu keberhasilan dalam proses pencapaian hasil belajar. Penggunaan model pembelajaran yang tepat, metode yang akurat, pendekatan pengajaran yang memberikan dampak signifikan juga harus mendapat perhatian, terutama oleh para pengajar, guru maupun dosen.

### **3.2. Prinsip Integrasi Nanoteknologi dalam Pembelajaran Fisika**

Proses pengintegrasian konteks nanoteknologi di dalam pembelajaran kimia bertujuan agar siswa dapat lebih mengetahui manfaat dari ilmu pengetahuan yang mereka pelajari dan proses pembelajaran yang mereka lakukan. Selain itu, proses pembelajaran juga akan menjadi lebih bermakna.

Proses pengintegrasian konteks nanoteknologi ini dapat dilakukan dengan cara membuat modul atau bahan ajar yang didalamnya berisi materi-materi terkait aplikasi nanoteknologi dan peranannya didalam kehidupan manusia. Dalam pembuatan modul tersebut, dilakukan beberapa tahapan seperti analisis kebutuhan yang biasa disebut tahap pengkajian awal, dan lain-lain. Setelah perangkat dinyatakan layak digunakan dilanjutkan dengan pengujian keefektifan perangkat pembelajaran dengan menggunakan desain pra eksperimen. Dalam penelitian ini akan dikembangkan bahan ajar pembelajaran kimia SMA berupa modul lembar kerja siswa, dan RPP dengan mengintegrasikan konteks nanoteknologi ke dalam materi pembelajaran kimia.

Rancangan pengembangan dilakukan melalui model pengembangan pengajaran oleh Plomp (1997) yang terdiri dari empat tahap yaitu tahap pengkajian awal, tahap perencanaan, tahap realisasi/konstruksi, dan tahap implementasi seperti terlihat pada gambar 1.

Penguasaan teknologi menjadi syarat yang harus dipenuhi untuk mempersiapkan society 5.0. Fokus utamanya adalah kualitas sumber daya manusia, agar tidak terhambat oleh disrupsi namun dapat memanfaatkan teknologi untuk peningkatan produktivitas dengan pesat. Semua pihak harus terlibat dalam menyiapkan sumber daya manusia memasuki. Pendidikan yang berkualitas berpotensi meningkatkan inovasi serta produktivitas, termasuk mempercepat kemunculan dan penguasaan teknologi baru (Smaldino, Sharon E. Lowther & Russell, 2011).

Pendidik menyiapkan peserta didik dengan pembelajaran yang selain mendukung penguasaan konten, juga mendukung penguasaan keahlian dan kemampuan beradaptasi. Upaya yang dapat dilakukan adalah pembelajaran menggunakan cara yang lebih kreatif dan memanfaatkan teknologi.

Pendidik fisika perlu membekali peserta didik dengan keterampilan abad 21, melalui pembelajaran. Pendidik fisika harus memiliki visi penyiapan peserta didik menuju *society* 5.0. Keterampilan abad 21 dibutuhkan peserta didik untuk berkembang sesuai zamannya dan kemajuan teknologi, serta bersaing secara global. Keterampilan abad 21 terdiri atas: berpikir kritis dan pemecahan masalah, berkolaborasi dan kepemimpinan, ketangkasan dan beradaptasi, inisiatif dan entrepreneur, berkomunikasi efektif, mengakses dan menganalisis informasi, dan membangun rasa ingin tahu dan imajinasi (Khine & Fisher, 2003)

Keterampilan abad 21 relevan untuk Society 5.0. Pada *society* 5.0, teknologi bukan sesuatu yang mengancam tetapi membantu, memudahkan, dan meningkatkan aktivitas atau pekerjaan manusia. Teknologi sangat vital dan diperlukan. Oleh sebab itu, pemenuhan teknologi untuk implementasi *society* 5.0 sangat diperlukan. Teknologi yang dibutuhkan untuk mengimplementasikannya belum sepenuhnya ada, dan penyiapannya membutuhkan pengembangan berkelanjutan di berbagai bidang (Mokhtar, 2017). Melalui pembelajaran fisika dan keterampilan abad 21, diharapkan membekali peserta didik untuk lebih siap menjalani kehidupan sosial bermasyarakat dengan dukungan teknologi yang

canggih, bahkan menginisiasi pengembangan teknologi untuk kehidupan bermasyarakat.

Pendidik fisika perlu melakukan pembelajaran fisika untuk melatih keterampilan abad 21 sehingga mendukung *society 5.0*. Pembelajaran tersebut harus memenuhi prinsip-prinsip pembelajaran keterampilan abad 21, yaitu: (1) relevansi pembelajaran; (2) disiplin; (3) pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi; (4) mendorong transfer pembelajaran; (5) belajar untuk belajar; (6) perbaikan kesalahpahaman secara langsung; (7) kerja sama tim; (8) pemanfaatan teknologi untuk mendukung pembelajaran; dan (9) peningkatan kreativitas (Smaldino, Sharon E. Lowther & Russell, 2011).

Sementara itu, Zubaidah, (2010) menjelaskan beberapa hal yang harus dilakukan pendidik dalam pembelajaran keterampilan abad 21, yaitu update kualitas, membantu perkembangan partisipasi, personalisasi dan penyesuaian belajar, penekanan pembelajaran berdasarkan masalah dan proyek, mendorong kerjasama dan komunikasi, melibatkan dan memotivasi peserta didik, membudayakan kreativitas dan inovasi, penggunaan sarana belajar yang tepat, desain aktivitas pembelajaran yang relevan, ajarkan keterampilan metakognitif, hubungan yang baik dalam pembelajaran, dan pembelajaran berpusat pada siswa yang tanpa batas, dan penilaian yang mendalam.

*Society 5.0*, *big data* berkembang secara signifikan, *big data* terbentuk dari sensor, terhubung melalui *internet of things (IoT)*, dianalisis menggunakan *artificial intelligence (AI)* dan dimanfaatkan untuk mensejahterakan masyarakat". *Society 5.0* mencapai derajat yang tinggi dalam konvergensi *cyber space* (ruang virtual) dan *physical space* (ruang nyata).

Dalam *Society 5.0*, sejumlah besar informasi dari sensor-sensor dalam ruang nyata diakumulasi dalam ruang virtual. Dalam ruang virtual, data yang besar ini akan dianalisa oleh *Artificial Intelligence (AI)*, dan hasil analisis akan diberikan kembali kepada manusia di ruang nyata dalam berbagai bentuk. Dalam masyarakat informasi yang lalu, praktek umumnya adalah dengan mengumpulkan informasi melalui jaringan dan informasi tersebut dianalisis oleh manusia. Namun, dalam *Society 5.0*, masyarakat, benda-benda, dan sistem-sistem semuanya dihubungkan dalam ruang virtual dan hasil-hasil

yang optimal diperoleh oleh AI, yang mampu melampaui kemampuan manusia, dan akan diberikan kembali ke ruang nyata.

Akibatnya, proses ini akan memberikan nilai baru kepada industri dan masyarakat dalam berbagai cara yang sebelumnya mustahil untuk dilakukan. Dengan kata lain *society 5.0*, sebuah masa di mana masyarakat berpusat pada manusia yang menyeimbangkan kemajuan ekonomi dengan penyelesaian masalah sosial oleh sistem yang mengintegrasikan ruang dunia maya dan ruang fisik melalui pemanfaatan berbagai inovasi yang lahir di era Revolusi industri 4.0.

*Society 5.0* akan menyeimbangkan pembangunan ekonomi dan menyelesaikan masalah sosial. Perkembangan dan tantangan dunia hari demi hari semakin kompleks, para praktisi pendidikan harus tanggap dalam menyikapi perubahan yang ada. Diperlukan reformasi sekolah, peningkatan kapasitas, profesionalisme guru, kurikulum yang dinamis, sarana dan prasarana andal, dan teknologi pembelajaran yang mutakhir untuk menghadapi perkembangan zaman di era *society 5.0*. Sejauh ini langkah yang dilakukan pemerintah Indonesia adalah memperbaharui substansi dari

Konteks nanoteknologi yang diintegrasikan ke dalam modul pembelajaran fisika dan kaitannya dengan disiplin ilmu lain disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Integrasi Nanoteknologi dan Kaitannya dengan Disiplin Ilmu Lain

Materi Fisika	Integrasi Konsep Nanoteknologi	Interdisiplin Ilmu
Besaran dan Satuan	Skala dan Ukuran nanoteknologi	Matematika
Gravitasi	Gaya pada ukuran nano	
Konsep dasar molekul	Area permukaan bidang; Gaya Van der Waals	Kimia, Matematika
Struktur dan karakteristik partikel	Karbon nanotube dan Grafit	Kimia
Struktur dan karakteristik cairan	Lotus Effect	Biologi
Elektronika Dasar	Nanoelektronik dan aplikasinya	
Medan Magnet	Magnetik dalam ukuran nano; Aplikasi dalam besi; dan Nanopartikel	Kimia

Semua benda kecil atau besar bahkan makhluk hidup tersusun dari atom-atom berukuran nano. Karakteristik benda sangat bergantung pada susunan

atomnya. Perbedaan struktur/susunan atom dapat mengubah sifat molekul yang dihasilkannya. Jika atom-atom yang sama disusun ulang membentuk struktur yang berbeda, molekul atau materi akan membentuk sifat yang berbeda pula (Siegel, 1999).

Atom-atom yang terdapat dalam grafit sama persis dengan atom-atom sejenis yang terdapat dalam berlian (diamond) yang indah. Yang berbeda adalah susunan strukturnya saja.

Atom-atom dalam partikel pasir sangat mirip dengan atom-atom dalam chip komputer yang canggih. Bahkan atom-atom penyusun air, udara, dan partikel debu sebenarnya sama dengan atom-atom dalam sebuah kentang. Sedikit saja susunan struktur atomnya diubah, karakteristik suatu benda bisa berubah drastis. Inilah konsep utama dalam nanoteknologi.

Sebenarnya prinsip yang digunakan dalam nanoteknologi sudah banyak diterapkan dalam ukuran makro. Misalnya, manusia yang hidup pada zaman batu membuat berbagai peralatan dan perkakas dari bebatuan yang digerinda. Untuk membuat peralatan logam, manusia melebur bijih logam dan membentuknya menjadi berbagai peralatan. Semua proses itu sebenarnya merupakan proses mengatur kembali susunan (memanipulasi) atom-atom dari material alami yang ada di Bumi. Tetapi yang disusun ulang adalah tumpukan atomnya, bukan atom-atom individual.

Seiring dengan berjalannya waktu, manusia terus mengembangkan teknik penyusunan ulang tumpukan atom tersebut sehingga ketepatannya semakin baik (semakin presisi) dan biaya produksi semakin murah (John C Miller, 2005).

Ada satu prinsip dasar yang digunakan dalam manipulasi atom. Molekul-molekul memiliki selektivitas yang unik. Sebagai contoh, atom bermuatan positif akan selalu menarik atom lain yang bermuatan negatif. Jika ada lebih dari satu atom bermuatan negatif, atom yang ditariknya adalah yang memiliki keelektronegatifan paling tinggi (gaya tarik-menariknya paling besar).

Jika diletakkan atom-atom/molekul-molekul yang memiliki karakteristik sesuai dengan kemauan, atom-atom tersebut otomatis langsung saling berinteraksi (self-assembly). Karena menggunakan atom individual, maka produk yang didapatkan tidak ada pengotor/kontaminannya. Prosesnya juga tidak menghasilkan polusi karena tidak ada produk

samping. Yang terbentuk hanyalah yang diinginkan, tidak lebih dan tidak kurang.

Dalam nanoteknologi pijakan utamanya adalah atom yang didalamnya terdapat elektron yang bergerak mengelilingi inti atom yang terdiri dari proton dan neutron yang jumlahnya tergantung dari nomor atom (sama dengan jumlah elektron dan proton) serta nomor massa (jumlah proton + neutron). Beberapa atom membentuk unsur sebuah bahan. Unsur-unsur yang dikenal sebanyak 103 dan telah disusun dalam tabel periodik. Unsur teringan adalah hidrogen, lalu helium dan lainnya.

Elektron bermuatan listrik negatif dan proton bermuatan listrik positif, itulah sebabnya elektron selalu berada mengelilingi inti atom, karena adanya gaya tarik inti. Jika elektron atau proton berdiri sendiri maka interaksi itu dilukiskan dengan hukum coulomb dimana gaya tarik-menarik muatan tak sejenis atau tolak-menolak muatan sejenis berbanding lurus dengan besarnya muatan masing masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak keduanya. Artinya gaya tarik semakin kuat jika jarak muatan makin dekat dan semakin lemah jika jarak muatan jauh.

### ***3.3. Faktor Penentu Keberhasilan Integrasi Nanoteknologi dalam Pembelajaran Fisika***

Dengan memperhatikan prinsip dasar penggunaan teknologi dalam pembelajaran seperti yang dijelaskan di atas, Smaldino, Sharon E. Lowther & Russell, (2011), mengemukakan tiga faktor yang perlu diperhatikan terkait dengan pengemabngan dan integrasi teknologi digital dalam pembelajaran matematika, yaitu: faktor desain rancangan teknologi, faktor peranan guru dalam penerapan teknologi tersebut, dan faktor konteks pendidikan dimana teknologi tersebut diterapkan.

Faktor desain rancangan teknologi adalah terkait dengan pertanyaan-pertanyaan berikut ini: Apakah desain teknologi dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna? Apakah desain teknologi efektif digunakan untuk mencapai tujuan? Apakah desain teknologi valid secara isi dan konstruksi berdasarkan teori pembelajaran terkait?

Sedangkan, faktor peranan guru menyangkut dengan besarnya peranan guru dalam mensukseskan integrasi teknologi dalam pembelajaran. Dalam hal ini, perlu ada kejelasan peranan guru dalam pengintegrasian teknologi dalam pembelajaran

matematika, yaitu kejelasan apa yang harus dilakukan guru dan bagaimana melakukannya. Dengan demikian, keberhasilan integrasi teknologi dalam pembelajaran menyangkut tingkat kemampuan atau profesionalisme guru dalam mengorkestrasi kegiatan pembelajaran matematika berbasis integrasi teknologi. Dalam hal ini, perlu ada kegiatan pelatihan profesionalisme guru dalam menerapkan teknologi dalam pembelajaran.

Upaya perlu dilakukan secara terus-menerus dan berkelanjutan dalam rangka memfasilitasi pembelajaran yang kreatif dan memanfaatkan teknologi menuju society 5.0. Sangat jelas bahwa pada era itu teknologi berperan sangat penting untuk membantu manusia, termasuk pendidik fisika dalam melakukan pembelajaran.

Teknologi menjadi sebuah lingkungan pembelajaran, bahkan ruang kelas untuk pembelajaran dapat dikelola berbasis teknologi. Sebuah ruang kelas yang cerdas berbasis teknologi (smart classroom) menjadi alternatif baru lingkungan belajar.

Lingkungan belajar merupakan tempat bagi peserta didik untuk bereksplorasi, bereksperimen dan mengekspresikan diri untuk mendapatkan konsep dan informasi baru sebagai wujud dari hasil belajar (Nur, 2001). Proses belajar dengan lingkungan belajar tertentu akan menghasilkan perilaku baru dari kegiatannya tersebut.

Dari definisi tersebut, lingkungan belajar menjadi faktor penting yang dapat mengoptimalkan proses dan hasil belajar. Lingkungan belajar dapat berupa lingkungan fisik dan lingkungan sosial. Lingkungan fisik berupa kondisi lingkungan yang ada di sekitar yaitu sarana fisik. Lingkungan sosial berupa pola interaksi yang terjadi dalam proses pembelajaran. *Smart classroom* yang direkomendasikan bukan sekedar penciptaan lingkungan fisik berbasis teknologi untuk pembelajaran, akan tetapi interaksi sosial yang dibangun dengan memanfaatkan teknologi. Pendidik memiliki peran penting dalam menciptakan lingkungan sosial yang kondusif berbasis teknologi.

Pendidik dan peserta didik, antar peserta didik dapat berinteraksi dalam lingkungan tersebut. Bahkan memungkinkan untuk belajar dan berkolaborasi dengan peserta didik dari luar dan sumber dari luar.

*Smart classroom* yang dimaksud antara lain bekerja berdasarkan teknologi informasi dan

komunikasi untuk penelusuran dan pengolahan, penyajian data, berkomunikasi dan berdiskusi, augmented dan virtual reality untuk mendukung pemahaman fenomena fisika, serta teknologi antar muka berbasis sensor untuk mendukung investigasi laboratorium. Semua masih memungkinkan untuk dikembangkan secara berkelanjutan dalam rangka untuk menciptakan super *smart society* yang salah satunya dapat dilakukan melalui penciptaan lingkungan pembelajaran fisika.

## KESIMPULAN

Era society 5.0 secara langsung atau tidak langsung berpengaruh pada segala bidang kehidupan, di bidang pendidikan harus diperkuat dengan melakukan perubahan kompetensi yang dibelajarkan kepada peserta didik. Prinsip dasar dalam penggunaan nanoteknologi dalam pendidikan Fisika adalah sebagai penguat pemahaman konseptual dan intuisi Fisika, sehingga pembelajaran tidak hanya sebatas mengetahui tetapi dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Dengan demikian, Guru dapat menciptakan suatu kondisi yang dapat menimbulkan motivasi belajar pada siswa sehingga siswa antusias untuk belajar.

Ada tiga faktor yang perlu diperhatikan terkait dengan pengembangan dan integrasi nanoteknologi dalam pembelajaran fisika, yaitu: faktor desain rancangan teknologi, faktor peranan guru dalam penerapan teknologi tersebut, dan faktor konteks pendidikan dimana teknologi tersebut diterapkan.

## Daftar Pustaka

- Foresti, R., Rossi, S., Magnani, M., Guarino Lo Bianco, C., & Delmonte, N. (2020). Smart society and artificial intelligence: big data scheduling and the global standard method applied to smart maintenance. *Engineering*, 6(7), 835–846. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.11.014>
- Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. *International Journal of Production Economics*, 220, 1–14.
- Gehrke, P. J. (2018). Public understanding of nanotechnology: how publics know. in *nanopublics*, 21–37. Palgrave Pivot, Cham. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-69611-9\\_2](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-69611-9_2)

- Herayanti, L., Fuaddunnazmi, M., & Habibi, H. (2017). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis moodle. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 3(2), 197. <https://doi.org/10.29303/jpft.v3i2.412>
- Kemenperin. (2017). *Empat strategi indonesia masuk revolusi industri keempat*. Kemenperin.
- Khine, M. S., & Fisher, D. (2003). Technology-rich learning environments: a future perspective. in *technology-rich learning environments: a future perspective*. <https://doi.org/10.1142/5325>
- Kompas. (2018). *Menuju revolusi industri 4 . 0*. 1–6.
- Mokhtar, S. B. (2017). *A techno-religious framework to scaffold spiritual intelligence among students*. University of Malaya.
- Nieuważny, J., Masui, F., Ptaszynski, M., Rzepka, R., & Nowakowski, K. (2020). How religion and morality correlate in age of society 5.0: statistical analysis of emotional and moral associations with buddhist religious terms appearing on japanese blogs. *Cognitive Systems Research*, 59, 329–344. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.09.026>
- Nur, M. (2001). *Media pengajaran dan teknologi untuk pembelajaran*. Usaha Nasional.
- Satterfield, T., Kandlikar, M., Beaudrie, C. E. H., Conti, J., & Herr Harthorn, B. (2009). Anticipating the perceived risk of nanotechnologies. *Nature Nanotechnology*, 4(11), 752–758. <https://doi.org/10.1038/nnano.2009.265>
- Smaldino, Sharon E. Lowther, D. L., & Russell, J. D. (2011). *Instructional technology and media for learning*. Pearson Education.
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer.
- Utami, I. S., Septiyanto, R. F., Wibowo, F. C., & Suryana, A. (2017). Pengembangan STEM-A (science, technology, engineering, mathematic and animation) berbasis kearifan lokal dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 67. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.1581>
- Zubaidah, S. (2010). Berpikir kritis: kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran sains. *Seminar Nasional Sains 2010 Dengan Tema "Optimalisasi Sains Untuk Memberdayakan Manusia," June*, 1–14.