

Penulis:  
Dr. Parmin, S.Pd., M.Pd.  
Miranita Khusniati, S.Pd., M.Pd.



Buku Panduan

# STRATEGI PENYIAPAN GURU SAINS MASA DEPAN (Next Generation Science Standar)

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN IPA  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
TAHUN 2021



**BUKU PANDUAN  
STRATEGI PENYIAPAN GURU SAINS MASA DEPAN  
(Next Generation Science Standar)**

Pengarang:

Dr. Parmin, S.Pd., M.Pd.

Miranita Khusniati, S.Pd., M.Pd.

Editor:

Yoris Adi Maretha, M.Pd.

Penata Letak:

Fiskal Purbawan

Tahun 2021

ISBN: 978-623-366-067-9

# Kata Pengantar

**A**lhamdulillah., Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wata'ala atas segala nikmat dan karunia yang diberikan, penulisan buku panduan strategi penyiapan guru sains masa depan dapat diselesaikan pada tahun 2021. Buku panduan disusun sebagai bagian dari produk penelitian yang diharapkan digunakan dalam penyiapan calon guru sains di Program Studi Pendidikan IPA di Indonesia. Buku panduan memiliki spesifikasi kajian yang mengintegrasikan temuan hasil penelitian, hasil kajian dari berbagai literatur, dan artikel hasil penelitian yang telah publikasikan di berbagai jurnal nasional maupun jurnal internasional.

Buku panduan disusun secara khusus untuk menyiapkan calon guru IPA yang berorientasi kebutuhan masa depan. Konten buku disajikan dengan mengintegrasikan berbagai temuan penelitian selama tahun 2021. Integrasikan kajian konseptual dan temuan-temuan tentang penelitian pendidikan calon guru IPA.

Mahasiswa Pendidikan IPA membutuhkan bekal pengetahuan tentang proyeksi dan kriteria guru masa depan sehingga memiliki kesiapan melalui kualitas pendidikan calon guru. Kajian dalam buku ini sebagai pengetahuan dasar yang sangat dibutuhkan dalam mendukung kompetensi lulusan yang melek teknologi.

Tim penulis berkomitmen untuk terus mengembangkan buku ini dengan melibatkan berbagai pihak dan secara berkelanjutan akan memperbaharui isi dengan melakukan analisis sumber belajar baru dan analisis artikel penelitian yang telah terbit di jurnal, serta diskusi dengan para praktisi. Semoga buku panduan ini bermanfaat, khususnya bagi pengelola penyelenggara Pendidikan IPA di Indonesia.

Ketua Tim Penulis,  
*Dr. Parmin, S.Pd., M.Pd.*

# DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Urgensi Program.....	4
BAB 2 KARAKTERISTIK SAINS	
2.1 Mengenal Sains.....	5
2.2 Aplikasi Sains.....	7
BAB 3 GURU SAINS INDONESIA	
3.1 Linieritas Keilmuan.....	14
3.2 Tantangan Guru Sains.....	16
BAB 4 PROFIL GURU SAINS MASA DEPAN	
4.1 Profil Guru Sains.....	20
4.2 Penyiapan Guru Sains Masa Depan.....	22
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Simpulan.....	31
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33

# BAB 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Tantangan pendidikan di Indonesia diantaranya dalam penyiapan calon guru yang lebih kompeten dan lebih baik dalam tugas pengajaran. Pendidikan calon guru sains diharapkan dapat mengejar ketertinggalan capaian pendidikan sains dari berbagai indikator pengukuran yang dilakukan ditingkat internasional. Pangkal masalah ketertinggalan dalam pembelajaran sains pada keterampilan guru dalam penguasaan materi dan teknologi penyajian materi pembelajaran. Penelitian dalam penyiapan calon guru sains telah banyak dilakukan di Indonesia tetapi belum sampai pada merumuskan secara kongkrit kriteria guru sains masa depan yang sesuai dengan ke Indonesiaan.

Penyiapan calon guru sains masa depan yang diupayakan dalam tulisan ini dimulai dari menghasilkan produk dalam bentuk karakteristik guru sains masa depan di Indonesia yang sesuai dengan *next generation science standar*. Guru sains di Indonesia yang

sesuai dengan standar internasional tetapi tetap menginternalisasikan kearifan lokal dan budaya ilmiah nasional. Analisis dari hasil studi pendahuluan dan temuan-temuan penelitian terdahulu yang telah publis di berbagai jurnal telah menghasilkan standar dan mengukur kesiapan calon guru Sains di Indonesia yang memiliki keterampilan mengajarkan berorientasi NGSS. Dimensi NGSS secara rinci telah mendeskripsikan batasan yang jelas tentang pengetahuan sains yang dibutuhkan pada masa mendatang. Aspek yang lebih rinci, operasional, dan disederhanakan dengan mengintegrasikan kepentingan dalam penyiapan calon guru sains di Indonesia. Peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia, nomor 16 tahun 2007 menuntut kompetensi guru sains yang kurang aplikatif karena lebih kuat pada tuntutan normatif layaknya guru di bidang lain.

Kajian ini telah mengadopsi kategori NGSS dengan kriteria kompetensi guru sains di Indonesia untuk menentukan profil guru Sains masa depan yang berorientasi NGSS. Standar guru sains masa depan setelah melakukan kajian kritis terhadap NGSS dan kompetensi guru seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil Standar Guru IPA di Indonesia yang Berorientasi NGSS

Kategori NGSS NOS (Lead States, 2013)	Kompetensi Guru IPA di Indonesia (Permendiknas No. 16 tahun 2007)	Profil Guru IPA Masa Depan yang Berorientasi NGSS
1. Investigasi ilmiah menggunakan berbagai metode	1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori sains serta penerapannya secara fleksibel	1. Menguasai konten sains yang luas dan mendalam.
2. Pengetahuan ilmiah didasarkan pada bukti empiris	2. Memahami proses berpikir sains dalam mempelajari proses dan gejala alam	2. Terampil mengajar sains dengan perangkat teknologi informasi.

3. Pengetahuan ilmiah terbuka untuk direvisi dengan mempertimbangkan bukti baru	3. Menggunakan bahasa simbolik dalam mendeskripsikan proses dan gejala alam	3. Literasi digital untuk menyelenggarakan pembelajaran online.
4. Model, hukum, mekanisme, dan teori dari sains menjelaskan fenomena alam	4. Memahami hubungan antar berbagai cabang sains, dan hubungan sains dengan matematika dan teknologi	4. Literasi kemanusiaan dengan menerapkan konten sains untuk kemanusiaan.
5. Sains adalah cara untuk mengetahui	5. Bernalar secara kualitatif maupun kuantitatif tentang proses dan hukum alam sederhana	5. Terampil mengintegrasikan sains secara multidisipliner untuk menyelesaikan masalah.
6. Pengetahuan ilmiah mengasumsikan susunan dan konsistensi dalam sistem alamiah	6. Menerapkan konsep, hukum, dan teori sains untuk menjelaskan berbagai fenomena alam	6. Berkinerja saintis dengan selalu konsisten menerapkan metode ilmiah.
7. Ilmu pengetahuan adalah usaha manusia	7. Menjelaskan penerapan hukum-hukum sains dalam teknologi terutama yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari	
8. Sains menjawab pertanyaan tentang lingkungan alamiah dan materiil	8. Memahami lingkup dan kedalaman sains sekolah. -Kreatif dan inovatif dalam penerapan dan pengembangan sains	
	9. Menguasai prinsip-prinsip dan teori-teori pengelolaan dan keselamatan kerja/belajar di laboratorium sains sekolah	
	10. Menggunakan alat-alat ukur, alat peraga, alat hitung, dan piranti lunak komputer untuk meningkatkan pembelajaran sains di kelas, laboratorium	
	11. Merancang eksperimen sains untuk keperluan pembelajaran atau penelitian	
	12. Melaksanakan eksperimen sains dengan cara yang benar	
	13. Memahami sejarah perkembangan sains dan pikiran-pikiran yang mendasari perkembangan tersebut	

Standar guru Sains di Indonesia yang ada dalam Permen-diknas nomor 16 tahun 2007 sudah tidak sesuai dengan kriteria

yang ada dalam NGSS. Standar baru yang mengacu dari NGSS karena proses pendidikan penyiapan calon guru sains terus berjalan dan terus menghasilkan lulusan yang jumlahnya sampai ribuan sarjana baru. Dikhawatirkan apabila tidak segera dikembangkan standar yang baru maka pendidikan di Indonesia khususnya terhadap capaian PISA akan semakin tertinggal jauh dari negara lain. Validasi responden dalam penelitian ini dianalisis untuk menginformasikan bahwa tidak ada persoalan dengan pelibatan responden yang terdiri dari enam pihak. Responden penelitian mempertimbangkan peran dalam menentukan kriteria standar guru sains masa depan yang menjadi fokus temuan dalam penelitian ini.

## **1.2 Urgensi Program**

Penyelenggaraan pendidikan guru masa depan yang berorientasi pada NGSS di Indonesia sangat dibutuhkan agar berbagai keteringgalan dalam pendidikan sains dibandingkan negara-negara di ASEAN dapat terkejar. Keteringgalan yang terus terjadi dari hasil Programme for International Student Assessment (PISA). Siswa di Indonesia tertinggal dalam bernalar karena literasi numerasi dan aplikasi keilmuan yang rendah. Pendekatan menghafal konsep sains harus diubah menjadi literasi sains. Konsep dipelajari dan ditemukan tetapi orientasi pada cara menerapkan konsep di dalam kehidupan sehari-hari.

# BAB 2

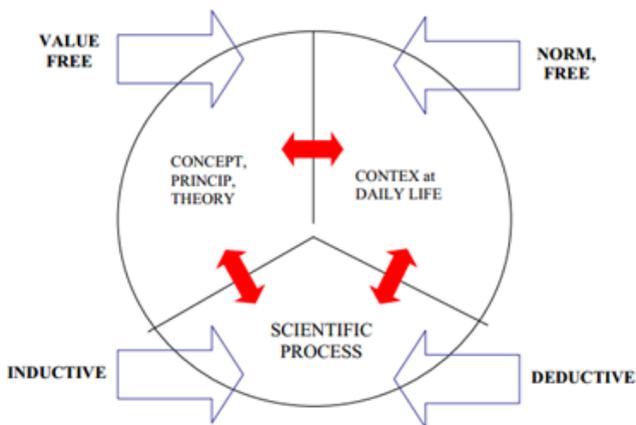
## Karakteristik Sains

### 2.1 Mengenal Sains

Sains menyatu dengan alam karena objek kajian sains adalah alam dalam bentuk komponen biotik dan abiotik. Belajar sains dapat dimulai dengan mengenal diri sendiri yang terdiri dari sel, jaringan, organ, sistem organ dan individu manusia. Fungsi jaringan dan organ yang ada di dalam diri setiap individu bila dijadikan kajian sains maka dipastikan ketertarikan pada keilmuan ini akan tumbuh dan berkembang. Fenomena menarik proses-proses yang ada di dalam tubuh, secara fisiologis sangat menakjubkan sehingga dipastikan kecintaan terhadap sains akan tumbuh. Interaksi antar manusia dan manusia dengan makhluk hidup lain dalam mempertahankan hidup menjadi fenomena yang unik dan menakjubkan.

Suatu batasan tentang Sains yang lebih lengkap, sains sebagai tubuh dari pengetahuan (*body of knowledge*) yang dibentuk melalui proses inkuiri yang dilakukan secara terus-menerus. Kajian

lebih dari sekedar pengetahuan (*knowledge*) karena merupakan suatu upaya manusia yang meliputi operasi mental, keterampilan dan strategi memanipulasi dan menghitung, keingintahuan (*curiosity*), keteguhan hati (*courage*), ketekunan (*persistence*) yang dilakukan oleh individu untuk menyingkap rahasia alam semesta. Sains juga dapat dikatakan sebagai hal-hal yang dilakukan ahli Sains ketika melakukan kegiatan penyelidikan ilmiah. Cara kerja saintis dalam mengkaji hubungan antara konsep, konteks dan pendekatan saintifik, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Ruang Lingkup Pendidikan Sains (Sumber: Sun, dan Cee, 2013)

Batasan ruang lingkup sains pada Gambar 1, paling lengkap jika dibandingkan dengan definisi yang lain. Tidak hanya melibatkan kumpulan pengetahuan yang diperoleh dengan metode ilmiah, tetapi memasukkan unsur operasi mental yang dilakukan oleh individu untuk memperoleh penjelasan tentang fenomena alam baik secara induktif maupun secara deduktif. Sains sebagai

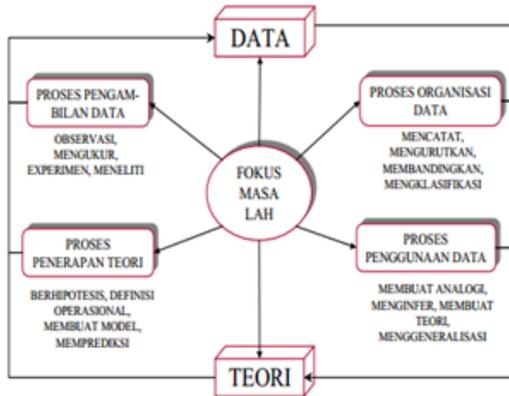
ilmu pengetahuan atau kumpulan konsep, prinsip, hukum, dan teori yang dibentuk melalui proses kreatif yang sistematis melalui inkuiri yang dilanjutkan dengan proses observasi (empiris) secara terus-menerus; merupakan suatu upaya manusia yang meliputi operasi mental, keterampilan, dan strategi memanipulasi dan menghitung, yang dapat diuji kembali kebenarannya yang dilandasi dengan sikap keingintahuan (*curiosity*), keteguhan hati (*courage*), ketekunan (*persistence*) yang dilakukan oleh individu untuk menyingkap rahasia alam semesta.

## 2.2 Aplikasi Sains

Sains berorientasi pada kemampuan aplikatif, pengembangan kemampuan berpikir, rasa ingin tahu, dan pengembangan sikap peduli dan bertanggungjawab terhadap lingkungan sosial dan alam (Hewitt, et al. 2013). Setiap yang belajar Sains dapat memperoleh pengalaman langsung melalui kerja ilmiah sehingga menambah kekuatan untuk menerima, menyimpan, dan menerapkan konsep yang telah dipelajarinya (Crone et al. 2011). Sains dapat digunakan untuk melatih proses penemuan konsep yang holistik, bermakna, autentik, dan dilakukan secara aktif. Kemandirian dalam penyelidikan ilmiah, dapat memberikan pilihan strategi ketika mengajarkan sains di sekolah. Pendekatan konseptual dalam pembelajaran terpadu diterapkan karena ilmu pengetahuan berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, bersifat pribadi dan langsung, dengan menekankan ide-ide sentral. Ide-ide konseptual menjadi landasan pendukung dan mengintegrasikan semua ilmu (Hewitt et al. 2013).

Dalam kajian Sains proses mendapatkan pengetahuan men-

jadi penentu keberhasilan belajar, seperti yang disajikan pada Gambar 2.



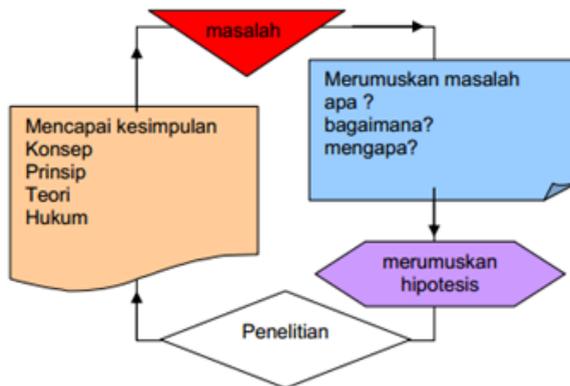
Gambar 2. Keterkaitan Teori dan Data dalam Sains

Siklus proses ilmiah membutuhkan keterampilan berpikir sehingga dapat menghasilkan pengetahuan yang secara empiris teruji kebenarannya. Berpikir selama belajar memiliki sejumlah karakteristik, yaitu: menentukan informasi yang tepat atau tidak tepat, memisahkan fakta dari pendapat, menyadari apakah bukti terbatas atau luas, menunjukkan analisis data atau informasi, menyadari kesalahan logika dalam suatu argumen dan menggambarkan hubungan antara sumber-sumber data yang terpisah dan informasi (Morrison et al. 2007; Adam dan Carl, 2010; Azarpira, et al. 2012).

Sains untuk memahami evolusi dan praktik sebagai usaha manusia, dan secara kritis menganalisis tuntutan yang dibuat dalam; (a) memahami sejarah dan budaya perkembangan keilmuan dan evolusi pengetahuan beserta disiplinnya, (b) memahami se-

cara filosofis prinsip-prinsip, asumsi-asumsi, tujuan-tujuan dan nilai-nilai yang membedakan sains dari teknologi dan dari cara-cara lain dalam memahami dunia, dan (c) mengajak mahasiswa agar berhasil dalam belajar hakikat sains yang terkait, menganalisis secara kritis kesalahan atau keraguan tuntutan yang dibuat dalam memahami konsep (NSTA, 2003).

Sains menekankan pada kualitas proses sehingga produk yang dihasilkan dalam proses penyelidikan ilmiah dapat mengatasi permasalahan. Jika menggunakan sudut pandang yang lebih menyeluruh, sains seharusnya dipandang sebagai cara berpikir (*a way of thinking*) untuk memperoleh pemahaman tentang alam dan sifat-sifatnya, cara untuk menyelidiki (*a way of investigating*) bagaimana fenomena-fenomena alam dapat dijelaskan, sebagai batang tubuh pengetahuan (*a body of knowledge*) yang dihasilkan dari keingintahuan (*inquiry*) orang. Keterkaitan sains sebagai produk dan proses disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. IPA sebagai Produk dan sebagai Proses

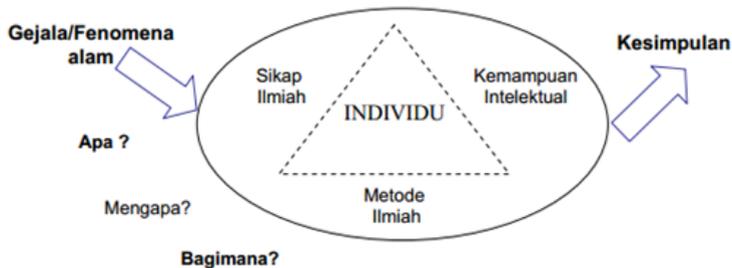
Hakekat sains sebagai proses adalah suatu kegiatan yang dilakukan melalui tahapan-tahapan yang telah terorganisir dengan baik dan berpedoman pada metode ilmiah tertentu yang bertujuan untuk memperoleh suatu informasi atau data baru yang berhubungan dengan sains. Sains sebagai proses sangat penting karena merupakan langkah awal dalam pengumpulan data. Penerapannya harus disesuaikan dengan kemampuan kognitif anak sehingga anak dapat melakukan eksperimen baru yang lebih sederhana.

Seorang siswa mengamati proses nyalanya api yang ada dalam lampu pelita. Dari situ siswa dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi api dapat menyala, misalnya: pipa, sumbu, minyak tanah, kaleng tempat menyimpan minyak tanah. Hakikat sains sebagai produk adalah hasil yang diperoleh setelah melakukan pengamatan atau observasi yang tersusun secara sistematis dan lebih sederhana sesuai dengan pemahaman dan kemampuan anak. Produk sains meliputi: fakta, konsep, prinsip, dan teori. Hakikat IPA sebagai sikap ilmiah adalah sains dapat mempengaruhi pola pikir dan pemahaman siswa ke arah yang lebih baik sehingga dapat membangkitkan daya kreatifitas. Sikap ilmiah meliputi; sikap ingin tahu, sikap ingin mendapatkan sesuatu yang baru, sikap kerja sama, sikap tidak putus asa, sikap tidak berprasangka, sikap mawas diri, sikap bertanggung jawab, sikap berpikir bebas, dan sikap kedisiplinan diri.

Untuk melakukan metode ilmiah diperlukan sejumlah ke-

terampilan yang sering disebut science processes skills. Proses meliputi mengamati, mengklasifikasi, menginferensi (menarik kesimpulan), memprediksi, mencari hubungan, mengukur, mengkomunikasikan, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, mengontrol variabel, menginterpretasikan data, dan menyimpulkan. Sains dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan pengetahuan yang tersusun secara sistematis, dirumuskan secara umum, ditandai oleh penggunaan metode ilmiah dan munculnya sikap ilmiah.

Dalam perkembangannya sains dapat terjadi secara akumulatif, yaitu; konsep, prinsip, hukum, dan teori sebelumnya menjadi landasan bagi terbentuknya konsep, prinsip, hukum, dan teori berikutnya. Pengembangan sains dapat juga terjadi secara revolusi, yaitu paradigma yang terdahulu tidak dapat memberikan penjelasan yang memadai. Pemaknaan terhadap proses sains melalui fenomena di alam menjadi penting dikuasai sebelum mengkajinya secara terintegrasi. Alur pemaknaan gejala alam seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Pemaknaan Gejala Alam

Setiap individu dalam pembelajaran IPA harus mampu menganalisis gejala alam. Misalnya; timbul pertanyaan, apa yang diperoleh dari kesimpulan?. Bagaimana cara menarik kesimpulan. Kesimpulan yang ditarik tentu hanya berupa gagasan. Gagasan tentu harus berlaku umum dan teruji kebenarannya. Gagasan kemudian disebut konsep; misalnya; sesuai fakta, bensin yang mengenai kulit, menyebar ke udara, timbul gagasan atau ide bahwa bensin menguap, maka menguap merupakan konsep. Air, alkohol, minyak tanah dapat juga menguap. Zat ini mempunyai sifat yang sama pula, misalkan mudah berubah bentuk menurut tempatnya dan mudah mengalir, maka timbul konsep zat cair. Demikianlah seterusnya, cair, padat uap, suhu, kalor, panas, dingin, merupakan konsep-konsep yang relevan dengan masalah yang telah dijelaskan.

Sains yang terintegrasi mengharuskan dosen atau guru mengembangkan struktur konseptual baru untuk topik ilmu yang diajarkan (Lang dan Olson, 2000). Yarker dan Soonhye (2012) dalam mengintegrasikan ilmu pengetahuan ke dalam disiplin lain digunakan untuk membantu seseorang memahami konsep sehingga dapat mengambil peran dalam masyarakat, dan menjadikan pengetahuan yang diperoleh semakin bermanfaat. Selain faktor dosen dan mahasiswa yang perlu diperhatikan dalam menerapkan pembelajaran yang terintegrasi adalah materi ajar yang juga telah mengintegrasikan antar berbagai konsep dan pengetahuan. Sesuai hasil penelitian Olteanu, et al. (2014) materi

ajar yang terintegrasi berisi tentang keterkaitan antara berbagai pengetahuan secara utuh untuk memahami suatu objek dalam belajar sains.

# BAB 3

## Guru Sains Indonesia

### 3.1 Linieritas Keilmuan

Sains memiliki karakteristik khusus seperti halnya bidang ilmu lain. Keilmuan sains komprehensif, utuh, dan koheren atau lebih dikenal terintegrasi. Pengetahuan sains membutuhkan wawasan luas dan mendalam dalam mengintegrasikan satu bidang dengan bidang lain untuk menyelesaikan permasalahan. Sains bukan sekedar biologi, fisika, atau kimia tetapi terintegrasi menjadi satu kesatuan yang utuh. Perlu ada prasyarat menjadi guru sains agar berbagai ketertinggalan dengan negara lain dapat disejajarkan. Guru sains yang mampu mengajarkan secara terintegrasi dari lulusan pendidikan sains yang linier.

Survey terhadap guru sains menunjukkan fakta bahwa guru mengalami kesulitan dalam menjelaskan materi pembelajaran yang mengintegrasikan konsep-konsep sains, dan minimnya inisiatif untuk menggunakan pengetahuan di masyarakat sebagai kajian dalam pembelajaran. Penjelasan konsep masih lebih me-

nekankan pada latar belakang bidang studi dosenan guru. Guru enggan untuk mengembangkan materi ajar, masih bergantung pada buku teks yang ada sehingga sumber belajar di lingkungan tidak dapat dioptimalkan. Dalam buku guru di kurikulum 2013, guru sebenarnya telah diberi peluang untuk mengintegrasikan potensi pengetahuan di masyarakat sebagai materi ajar sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Hasil penelitian pendahuluan, guru di ketiga sekolah belum mengembangkan materi ajar sesuai potensi dan peluang yang dimiliki sehingga pembelajaran sains belum sesuai dengan tuntutan kurikulum di sekolah. Permasalahan ditemukan dalam pembelajaran sains yang dialami guru berdasarkan hasil survey terhadap 120 orang guru di Kota Semarang.

Kurikulum menghendaki pembelajaran sains secara terintegrasi dan menggunakan pengetahuan di masyarakat sebagai bagian dari pembelajaran sains. Fakta yang berhasil terungkap, guru yang berlatar belakang dosenan Fisika, cenderung mengajarkan konsep Fisika dengan porsi yang lebih besar, demikian untuk yang berlatar belakang Biologi dan Kimia. Berdasarkan hasil wawancara diketahui sebanyak 96%, guru menginginkan ada strategi khusus yang dapat diterapkan untuk membelajarkan sains terintegrasi dengan memanfaatkan pengetahuan di masyarakat untuk diintegrasikan. Kebutuhan kemampuan guru dalam mengintegrasikan konsep dan pengetahuan sains, selanjutnya dilakukan analisis terhadap capaian mata kuliah yang sesuai de-

ngan hasil analisis kebutuhan pembelajaran yang terintegrasi.

Setelah melakukan studi pendahuluan untuk mengungkap permasalahan pembelajaran sains di sekolah dan di perguruan tinggi, terungkap bahwa pembelajaran dituntut diajarkan dengan mengintegrasikan konsep dan pengetahuan, tetapi strategi pembelajaran yang tepat digunakan sesuai tuntutan pembelajarannya belum ada. Permasalahan dalam menyiapkan mahasiswa sebagai calon guru sains yang mampu mengajarkan materi secara terintegrasi. Guru yang ada di sekolah saat ini di Indonesia tidak kurang dari 80% adalah guru bidang keilmuan biologi, fisika, atau kimia. Guru yang berlatar belakang Pendidikan Sains/IPA masih kurang dari 20%.

### **3.2 Tantangan Guru Sains**

Analisis temuan penelitian pada guru sains terpadu SMP di Mataram diperoleh informasi bahwa guru mengalami kesulitan dalam proses belajar mengajar yang berdampak terhadap prestasi belajar siswa yang masih rendah. Hal ini disebabkan oleh empat aspek, yaitu; aspek guru, aspek peserta didik, fasilitas pendukung, dan metode pembelajaran. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan maka penting bagi lembaga pendidikan untuk lebih memperhatikan dan meningkatkan kompetensi guru, dan menyediakan fasilitas penunjang pembelajaran (Agustini, 2020). Perguruan tinggi sebagai lembaga yang menghasilkan calon guru diharapkan dapat menganalisis untuk mendalami temuan permasalahan guru di sekolah. Setidaknya kurikulum

penyelenggaraan pendidikan yang ada ditinjau sesuai dengan kebutuhan nyata di sekolah. Ada ungkapan di masyarakat bahwa tidak lebih 20% pengetahuan yang diperoleh di perguruan tinggi yang digunakan di sekolah, ini artinya terjadi permasalahan sejak pendidikan calon guru.

Pembelajaran sains menggunakan pendekatan saintifik di beberapa sekolah tidak berjalan dengan lancar. Banyak tantangan yang dihadapi guru saat pembelajaran berlangsung. Tantangan guru sains dalam pembelajaran saintifik paling dominan meliputi 3 hal, yaitu: tantangan guru dalam merencanakan kegiatan pembelajaran, pengelolaan kelas, dan mengatur alokasi waktu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebaiknya pihak sekolah terutama kepala sekolah memberikan pelatihan khusus bagi guru dalam membuat RPP dan penjelasan tentang tahapan-tapan pendekatan saintifik. Dengan begitu dapat meminimalisir tantangan-tantangan yang dihadapi oleh guru di sekolah (Rosida & Erman, 2021). Guru menghadapi berbagai kesulitan dalam pembelajaran di sekolah, kesulitan berpangkal dari penguasaan bidang keilmuan yang masih kurang dan kemampuan mengembangkan diri yang belum kuat. Kedua hal ini menjadi hambatan serius dalam mewujudkan kinerja pembelajaran yang optimal dan berdampak pada kualitas penyelenggaraan pembelajaran di sekolah.

Penjaminan mutu pendidikan IPA erat kaitannya dengan kinerja guru. Ketika guru IPA melakukan kinerja yang baik maka

pelaksanaan pembelajaran sains sebagai core business pendidikan menjadi bermutu. Mutu layanan guru meliputi proses dan hasil pembelajaran. Kinerja merupakan variabel yang digunakan sebagai ukuran tingkat ketercapaian tugas guru. Guru dikatakan memiliki kinerja yang baik manakala dapat menyelesaikan tugas-tugasnya maupun mencapai indikator kinerja guru. Indikator kinerja pengajaran tercantum dalam standar kompetensi professional guru yang diamanatkan Permendiknas No. 16 tahun 2007.

Kenyataan di lapangan berbagai studi menunjukkan kinerja mengajar sains masih menghadapi masalah diantaranya guru belum mampu mengimplementasikan keterampilan proses sains dan belum mampu mengembangkan keterampilan berpikir dalam pembelajaran. Mengevaluasi kinerja guru diperlukan pengembangan instrumen evaluasi kinerja guru dengan mempertimbangkan peran guru dalam pembelajaran dan berdasarkan pada standar pengembangan instrumen yang dirumuskan oleh ahli diantaranya Stronge Teaching audit dilakukan sebagai upaya untuk meyakinkan publik tentang kesesuaian kinerja guru di Indonesia dengan standar pendidikan yang telah ditentukan. Peran Teaching audit dalam sistem penjaminan mutu pendidikan bukan hanya untuk meningkatkan kualitas melainkan lebih menitikberatkan pada pengambilan keputusan sehingga terdapat konsekuensi legal yang dihasilkan (Rizal, 2019). Standar kualifikasi pendidikan harus didukung dengan standar kompetensi

guru masa depan agar Indonesia dapat mengejar ketertinggalan mutu pembelajaran.

Tingkat kompetensi professional guru sains di SMP Kota Semarang termasuk dalam kategori cukup, hal ini berarti bahwa kompetensi professional guru masih memerlukan peningkatan kualitasnya. Dengan usaha peningkatan kompetensi professional guru diharapkan akan mampu meningkatkan hasil belajar siswa. Hal ini menunjukkan bahwa kompetensi profesional guru merupakan dua variabel penting yang sangat perlu diperhatikan dalam usaha peningkatan hasil belajar siswa SMP di kota Semarang. Persoalan yang ditemukan tidak berbeda dengan di daerah lain, lemahnya kompetensi keilmuan dan minimnya karya penunjang guru untuk pembelajaran. Karya yang dimaksud misalnya; bahan ajar yang dibuat guru termasuk alat peraga, instrumen penilaian, dan media pembelajaran. Guru masih lebih memilih penunjang pembelajaran yang diperoleh dari sumber lain bukan hasil karya sendiri.

# BAB 4

## Profil Guru Sains Masa Depan

### 4.1 Profil Guru Sains

Temuan dalam bidang sains hasil penelitian dan eksperimen laboratorium menjadikan perkembangan konten pembelajaran di sekolah. Perkembangan konten dan digitalisasi pembelajaran menuntut profil guru sains masa depan yang adaptif dengan tuntutan dan perkembangan teknologi. Standar guru Sains di Indonesia yang ada dalam Permendiknas nomor 16 tahun 2007 sudah tidak sesuai dengan kriteria yang ada dalam NGSS. Standar baru yang mengacu dari NGSS karena proses pendidikan penyiapan calon guru sains terus berjalan dan terus menghasilkan lulusan yang jumlahnya sampai ribuan sarjana baru. Dikhawatirkan apabila tidak segera dikembangkan standar yang baru maka pendidikan di Indonesia khususnya terhadap capaian PISA akan semakin tertinggal jauh dari negara lain.

Analisis terhadap profil guru sains masa depan yang telah dirangkum dari para responden merekomendasikan untuk ada-

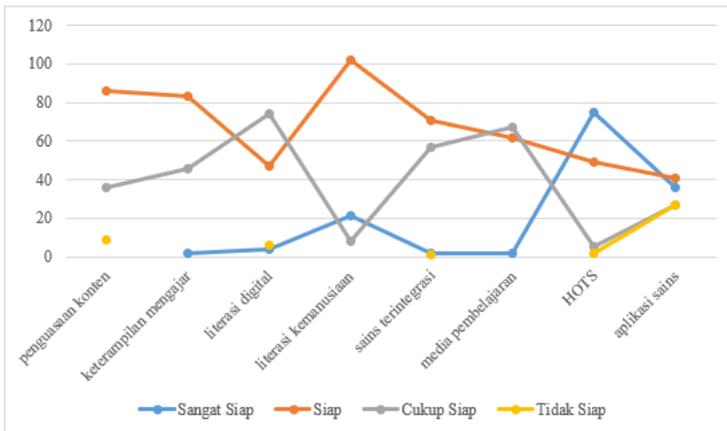
nya standar guru sains yang baru di Indonesia. Standar yang ada saat ini sudah jauh dari kebutuhan dan tuntutan perkembangan keilmuan sains dan teknologi. Standar baru paling tepat dicobakan pada penyiapan calon guru yang saat ini sedang menempuh pendidikan di berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Setelah mendapatkan masukan dari para responden tentang profil guru sains, dilanjutkan dengan mengukur kesiapan 131 mahasiswa yang ketika penelitian dilakukan mereka sedang menempuh pendidikan sebagai calon guru sains.

Tabel 2. Profil Guru Sains Masa Depan yang diharapkan

Aspek Profil	Deskripsi Profil yang diharapkan
Pengetahuan konten sains	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menguasai konten sains tidak sebatas untuk keperluan mengajar, tetapi selalu mengupdate konsep sains yang dimiliki melalui bacaan artikel jurnal yang terpercaya.</li> <li>- Konten diperkuat pada bentuk-bentuk aplikasi yang lebih luas dalam kehidupan manusia sehingga sains benar-benar menjadi pengetahuan yang menyatu dalam kehidupan.</li> </ul>
Keterampilan mengajar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penyajian materi menggunakan perangkat teknologi informasi agar terampil menyelenggarakan pembelajaran online/daring.</li> <li>- Terampil dan berani mengembangkan materi ajar suplemen yang dikembangkan guru dengan penciri kearifan lokal.</li> </ul>
Literasi digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terampil menggunakan program aplikasi untuk menyelenggarakan pembelajaran online/daring.</li> </ul>
Literasi kemanusiaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membentuk peserta didik yang mampu menerapkan sains untuk misi-misi kemanusiaan.</li> <li>- Terampil menjadikan sains sebagai pola hidup sehat dan ramah lingkungan</li> </ul>
Kemampuan multidisipliner	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengintegrasikan keilmuan lintas bidang dalam menyelesaikan persoalan sains.</li> </ul>
Kepuasan kinerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bekerja seperti saintis dengan selalu konsisten menerapkan metode ilmiah</li> </ul>

## 4.2 Penyiapan Guru Sains Masa Depan

Analisis terhadap profil guru sains masa depan yang telah dirangkum dari para responden merekomendasikan untuk adanya standar guru sains yang baru di Indonesia. Standar yang ada saat ini sudah jauh dari kebutuhan dan tuntutan perkembangan keilmuan sains dan teknologi. Standar baru paling tepat dicobakan pada penyiapan calon guru yang saat ini sedang menempuh pendidikan di berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Setelah mendapatkan masukan dari para responden tentang profil guru sains, dilanjutkan dengan mengukur kesiapan 131 mahasiswa yang ketika penelitian dilakukan mereka sedang menempuh pendidikan sebagai calon guru sains.

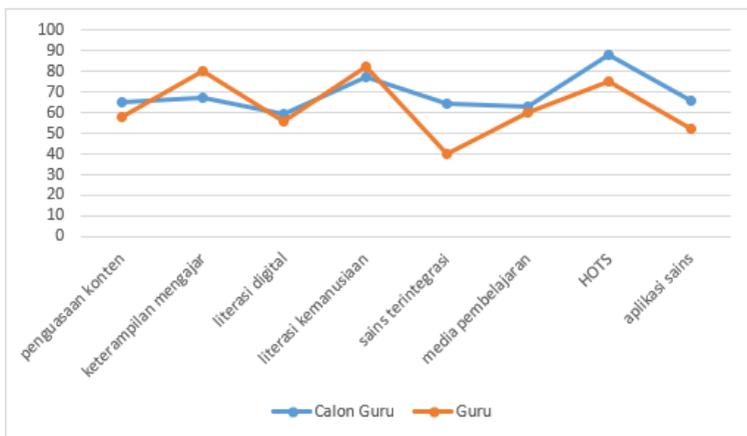


Gambar 5. Kesiapan Mahasiswa Berdasarkan Kriteria Guru Sains Masa Depan

Calon guru sains yang ada saat dilakukan kajian, tidak ada yang sangat siap dari sisi penguasaan konten bahkan masih ada yang tidak siap. Literasi digital dari 131 calon guru sains, ada 6

yang tidak siap dengan tuntutan menyelenggarakan pembelajaran sains yang menggunakan perangkat teknologi informasi. Calon guru sains yang ada, memiliki komitmen besar tentang penerapan sains untuk kemanusiaan karena hasilnya tidak ada yang tidak siap untuk aspek ini. Paling besar ketidaksiapan pada aspek aplikasi sains, ada 27 mahasiswa yang masuk kategori tidak siap.

Selanjutnya dilihat perbandingan kesiapan mahasiswa calon guru sains dengan guru yang memiliki masa kerja lebih dari 7 tahun. Analisis perbandingan dari penilaian delapan aspek kriteria guru sains masa depan terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Capaian Kriteria Guru Sains Masa Depan antara Calon Guru dan Guru

Penguasaan konten calon guru sains dari latar belakang pendidikan sains lebih baik dari guru sains yang ada. Perbedaan penguasaan konten keilmuan karena guru yang ada di sekolah

tidak dibekali dengan keilmuan sains yang terintegrasi melainkan hanya satu bidang ilmu dalam rumpun sains. Hal ini terlihat dari hasil aspek sains terintegrasi, pada guru tidak siap dengan nilai 40 sedangkan calon guru mendapat kategori siap dengan nilai 64. Guru memiliki nilai yang lebih tinggi untuk hal-hal yang disebabkan faktor pengalaman mengajar yaitu; keterampilan mengajar dan literasi kemanusiaan.

Tuntutan terhadap calon guru sains masa depan yang berorientasi pada next generation science standar, diawali dengan memiliki pengetahuan konten sains yang selalu diupdate melalui pemanfaatan berbagai literatur yang terpercaya. Isozaki (2018); Wei (2019) & Erduran (2021) penguasaan konten menjadi prasyarat utama untuk pendidikan sains yang berkualitas di suatu negara. Konten diperkuat pada bentuk-bentuk aplikasi yang lebih luas dalam kehidupan manusia sehingga sains benar-benar menjadi pengetahuan yang menyatu dengan kehidupan. Bobot materi pembelajaran penyiapan calon guru sains saat ini kurang dari 75% untuk aspek keilmuan, hal ini menjadi faktor penghambat sehingga belum ada yang sangat siap untuk aspek penguasaan konten. Adanya anggapan di masyarakat, calon guru sains yang dihasilkan dari perguruan tinggi bidang pendidikan di Indonesia, dikenal memiliki keterampilan mengajar tetapi penguasaan konten keilmuan dangkal, menjadi dapat dibenarkan dari temuan kajian ini.

Calon guru sains yang ada saat ini telah memiliki pengeta-

huan tentang keterampilan mengajar dengan baik. Mereka telah mendapatkan bekal pembelajaran untuk menyiapkan penyajian materi menggunakan perangkat teknologi informasi dalam pembelajaran online. Kesiapan calon guru ini setelah didalami sebagai dampak dari kebiasaan dosen dalam memberikan materi pembelajaran, terbiasa dengan menggunakan pembelajaran online. Kebiasaan dosen terungkap mampu memberikan keteladanan bagi calon guru. Keterampilan mengajar terbentuk dari kebiasaan belajar selama pendidikan bagi calon guru (Siew, et al. 2015). Penugasan dalam bentuk mengembangkan materi selama pembelajaran, berdampak pada adanya keinginan kuat untuk bisa mengembangkan materi ajar yang mengintegrasikan kearifan lokal.

Ada dua literasi yang harus dimiliki calon guru sains. Kedua bentuk literasi setelah dilakukan konfirmasi pada setiap responden, mereka memiliki kesiapan literasi digital yang beragam. Masih ditemukan calon guru yang memiliki pengetahuan sangat terbatas tentang program aplikasi untuk penyajian materi secara online. Calon guru tidak sebatas mampu menyajikan materi dengan perangkat teknologi informasi, tetapi dituntut mampu bersosialisasi, bersikap, berpikir serta menginspirasi sebagai kompetensi digital. Literasi digital menjadikan jangkauan mengakses sumber belajar terbaru mudah ditemukan (Nouri, 2019). Literasi kemanusiaan juga harus dimiliki calon guru. Kesiapan calon guru sains pada literasi kemanusiaan ditemukan lebih baik

dari literasi digital. Seroglou & Adúriz (2012) sains bersifat aplikatif, menyatu dengan kehidupan manusia. Ada komitmen yang kuat pada setiap calon guru yang ada, untuk menerapkan sains dalam misi-misi kemanusiaan dan menjadikan sains menyatu dengan kehidupan.

Setiap calon guru sains pada dasarnya sebagai saintis yang bertugas menyiapkan lahirnya saintis baru. Problem dalam kehidupan semakin kompleks, ketika sains sebagai cara untuk menyelesaikan problem maka dibutuhkan integrasi lintas bidang keilmuan. Pemecahan problem dalam sains lebih mudah diselesaikan ketika dihubungkan dengan bidang kajian lain secara terintegrasi (Dare, et al. 2018 & Campanelli, 2020). Saat kajian ini dilakukan, dosen yang menyiapkan calon guru sebagian besar berlatar belakang bidang ilmu misalnya; biologi, fisika, dan kimia. Hal ini yang menjadi faktor penghambat untuk membiasakan mahasiswa mengintegrasikan dengan bidang keilmuan lain. Kesiapan calon guru untuk mengintegrasikan keilmuan sains membutuhkan wawasan luas. Data menunjukkan ada 27 (20%) mahasiswa yang dipastikan belum siap untuk mengajarkan cara menerapkan sains dalam kehidupan.

Kesiapan calon guru dalam mengevaluasi pembelajaran sains yang memenuhi prinsip Hinger Order Thingking Skill (HOTS) masih dalam kategori cukup siap. Keterampilan berpikir menjadi fokus penyiapan calon guru di Indonesia karena peserta didik di Indonesia memiliki kemampuan berpikir yang

masih rendah dari temuan Programme for International Student Assessment tahun 2018. Menurut para guru sains di sekolah yang dijadikan responden kajian mengungkapkan bahwa cara asesmen yang ada selama ini memang membebani guru. Sains mereka yakini kebenarannya melalui eksperimen dan kegiatan ilmiah, namun guru selama ini sulit untuk menjalankan teori kebenaran sains karena asesmen terlalu diintervensi oleh pemerintah. Limniou, et al. (2018); Sebastian (2019) & Prakash (2021) HOTS melatih cara berpikir siswa untuk menyelesaikan masalah dengan pengalaman belajar yang telah dimiliki. Calon guru perlu dibekali dengan keberanian mengembangkan asesmen sendiri yang dibekali teori HOTS.

Dalam hal capaian kriteria guru sains masa depan antara calon guru dan guru (Gambar 2), terlihat bahwa dari delapan aspek kriteria guru sains masa depan terdapat enam aspek yang hasil capaiannya lebih tinggi pada calon guru. Guru sains yang disiapkan melalui pendidikan sains memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan guru sains yang saat ini telah ada di sekolah. Calon guru sains merupakan mahasiswa Prodi Pendidikan sains yang dipersiapkan dengan kemampuan-kemampuan yang dibutuhkan oleh seorang guru sains, termasuk kemampuan dalam konten maupun pengintegrasian bidang-bidang sains (kimia, fisika, biologi dan bumi antariksa). Penguasaan konten calon guru sains dari latar belakang pendidikan sains lebih baik dari guru sains yang ada. Perbedaan penguasaan konten keil-

muan karena guru yang ada di sekolah tidak dibekali dengan keilmuan sains yang terintegrasi melainkan hanya satu bidang ilmu dalam rumpun sains. Hal ini terlihat dari hasil aspek sains terintegrasi, pada guru tidak siap dengan nilai 40 sedangkan calon guru mendapat kategori siap dengan nilai 64.

Di Indonesia, Prodi Pendidikan sains mulai ada di berbagai universitas sejak Tahun 2009. Keberadaan Prodi Pendidikan IPA pada tahun tersebut sebagai langkah persiapan menyongsong Kurikulum 2013, yang mana dalam Kurikulum 2013 beberapa mata pelajaran disajikan terintegrasi, salah satunya yaitu sains (*Natural science*) (Prihantoro, 2015). Di sisi lain, guru yang telah mengajar lebih dari 7 tahun memiliki basic hanya dari salah satu bidang ilmu. Kajian ini menemukan guru sains lemah dalam penguasaan konten, dan pengintegrasian konten. Hal ini menguatkan pentingnya pendidikan calon guru yang sesuai dengan bidang keilmuan, artinya guru sains memiliki latar belakang pendidikan sains bukan pendidikan yang berbasis bidang studi, misalnya biologi, fisika, atau kimia.

Tidak hanya dibekali kemampuan konten sains dan pengintegrasian, mahasiswa calon guru sains juga dibekali literasi digital termasuk dalam membuat media pembelajaran. Kemampuan dalam mempersiapkan media pembelajaran berdampak positif terhadap hasil yang dicapai oleh peserta didik (Widiansyah et al., 2018; Agustiya et al., 2017; Astra et al., 2015). Temuan dalam kajian ini, kriteria guru sains yang sesuai kebutuh-

an masa depan dimiliki lebih kuat pada mahasiswa calon guru. Guru sains masa depan tidak diperoleh secara alamiah tetapi melalui penyiapan calon guru yang terprogram. Guru memiliki nilai yang lebih tinggi untuk hal-hal yang disebabkan faktor pengalaman mengajar yaitu; keterampilan mengajar dan literasi kemanusiaan.

Kajian ini memiliki keterbatasan karena belum melakukan treatment dengan kriteria guru sains masa depan yang telah dirumuskan. Temuan kajian belum didasarkan pada keefektifan suatu perlakuan khusus yang diberikan pada mahasiswa calon guru sains di Indonesia. Rekomendasi hasil kajian menegaskan tentang pentingnya penyiapan calon guru sains di Indonesia dengan standar baru yang sesuai dengan dimensi next generation science standar. Mengubah orientasi dari yang menyeimbangkan antara cara mengajar dengan konten yang diajarkan, menjadi lebih menekankan pada penguasaan konten keilmuan sains. Keterampilan mengajar yang selama ini non online, diubah dengan terampil menyajikan pembelajaran secara online. Sains yang diajarkan sebagai bidang keilmuan mandiri diubah dengan pendekatan multidisiplin keilmuan agar wawasan setiap calon guru sains menjadi luas.

Standar guru sains di Indonesia membutuhkan treatment agar mereka memiliki penguasaan konten sains yang luas dan dalam, memiliki keterampilan mengajar yang berliterasi digital, berliterasi kemanusiaan, mengintegrasikan sains secara multidis-

siplin keilmuan untuk memecahkan problem nyata di masyarakat, dan berkinerja seperti halnya para saintis. Kesiapan calon guru sains di Indonesia setelah dilakukan pengukuran di lima lembaga pendidikan dapat disimpulkan calon guru kurang siap pada tiga aspek meliputi: penguasaan konsep, literasi digital, dan mengajarkan cara menerapkan konsep sains dalam kehidupan. Temuan kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk membuat standar kompetensi guru sains di Indonesia yang baru dan menggunakan hasil temuan kajian ini dalam mengembangkan standar yang baru.

# BAB 5

## Penutup

### 5.1 Simpulan

Pendidikan calon guru sains memiliki ruang yang paling besar dalam menyiapkan guru sains masa depan. Kriteria guru sains masa memiliki pengetahuan dan keterampilan meliputi: (1) pengetahuan konten sains, menguasai tidak sebatas keperluan materi pembelajaran tetapi selalu mengupdate konsep sains yang dimiliki melalui bacaan artikel jurnal yang terpercaya. Konten diperkuat pada bentuk-bentuk aplikasi yang lebih luas dalam kehidupan manusia sehingga sains benar-benar menjadi pengetahuan yang menyatu dalam kehidupan; (2) keterampilan mengajar, penyajian materi menggunakan perangkat teknologi informasi agar terampil menyelenggarakan pembelajaran online/daring; (3) literasi digital, terampil menggunakan program aplikasi untuk menyelenggarakan pembelajaran online/daring; (4) literasi kemanusiaan, membentuk peserta didik yang mampu menerapkan sains untuk misi-misi kemanusiaan, dan terampil

menjadikan sains sebagai pola hidup sehat dan ramah lingkungan; dan (5) kemampuan multidisipliner, mengintegrasikan keilmuan lintas bidang dalam menyelesaikan persoalan sains.

## 5.2 Saran

Saran dari kajian penyiapan calon guru sains masa depan yaitu:

1. Program Studi Pendidikan IPA sebagai penyelenggara pendidikan calon guru sains merekonstruksi kurikulum dan perangkat pendukung untuk memberikan bekal bagi mahasiswa sesuai NGSS.
2. Organisasi profesi dalam bidang pendidikan sains dijadikan mitra strategis bagi program studi sehingga terlibat dalam pertukaran informasi dan pengetahuan dari dalam dan luar negeri tentang tuntutan dan perkembangan guru sains moderen.
3. Penerapan buku panduan ini dapat menjadi pertimbangan sebagai strategi belajar dan sekaligus bahan kajian.

# Daftar Pustaka

- Adam, W., and Carl, E. 2010. Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert Like Thinking. *International Journal of Science Education*. 1-24. DOI: 10.1080/09500693.2010.512369.
- Agustiya, F., Sunarso, A., & Haryani, S. (2017). Influence of ctl model by using monopoly game media to the students' motivation and science learning outcomes. *Journal of Primary Education*, 6(2), 114-119.
- Agustini. (2020). Problematika Guru IPA Terpadu Kelas VII SMPN 9 Mataram. *Jurnal Pembelajaran dan Pengajaran*, 1, 1, 54-60.
- Astra, I. M., Nasbey, H., & Nugraha, A. (2015). Development of an android application in the form of a simulation lab as learning media for senior high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 1081-1088.
- Azarpira, N., et. al. 2012. Assessment of Scientific Thinking in Basic Science in the Iranian Second National Olympiad. *BMC Research Notes*. 5 (61): 2-7.
- Campanelli, G. (2020). Science, daily practice and education:

different sides of the same coin. *Hernia*, 24, 915. <https://doi.org/10.1007/s10029-020-02307-2>.

Crone et. al. 2011. Informal Science Education: A Practicum for Graduate Students. *Innovative Higher Education*. 36 (2): 291-304.

Dare, E.A., Ellis, J.A. & Roehrig, G.H. (2018). Understanding Science Teachers' Implementations of Integrated STEM Curricular Units through a Phenomenological Multiple Case Study. *International Journal of STEM Education*, 5, 4. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>.

Erduran, S. (2021). Correction to: Science Education and the Pandemic, 1 Year On. *Sci & Educ*. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00247-6>.

Hewitt, P., Suzanne, A., John, A., and Jennifer, Y. 2013. *Conceptual Integrated Science*. California: Addison Wesley.

Isozaki, T. (2018). Science Teacher Education in Japan: Past, Present, and Future. *Asia-Pacific Science Education*. 4, 10. <https://doi.org/10.1186/s41029-018-0027-2>.

Lang and Olson. 2000. Integrated Science Teaching as a Challenge for Teachers to Develop New Conceptual Structures. *Research in Science Education*. 30 (2): 213-224.

Limniou, M., Schermbrucker, I. & Lyons, M. (2018). *Traditio-*

nal and Flipped Classroom Approaches Delivered by two Different Teachers: the Student Perspective. *Education and Information Technologies*, 23, 797–817. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9636-8>.

Nouri, J. (2019). Students Multimodal Literacy and Design of Learning During Self-Studies in Higher Education. *Tech Know Learn* 24, 683–698. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9360-5>.

Olteanu, R., Dumitrescu, dan Gorghiu, L. 2014. Studying Sciences through the Integrated Science Modules. *European Journal of Sustainable Development*. 3(3): 35-42.

Prakash, R., Litoriya, R. (2021). Pedagogical Transformation of Bloom Taxonomy's LOTs into HOTs: An Investigation in Context with IT Education. *Wireless Pers Commun*. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08921-2>.

Prihantoro, C. R. (2015). The perspective of curriculum in Indonesia on environmental education. *International Journal of Research Studies in Education*, 4(1), 77-83. DOI: 10.5861/ijrse.2014.915.

Morrison, G. Kemp, Jerold E. Kalman, and Howard K. 2007. *Designing Effective Instruction*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.

- Rizal, R. (2019). Evaluasi Kinerja Guru IPA. MADROSATU-NA: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, 2(2), 1-12.
- Rosida, S., & Erman. (2021). Tantangan Guru dalam Pembelajaran IPA dengan Pendekatan Saintifik 5M di SMP. Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains, 9, 2, 258-265.
- Sebastián, M.Á. (2019). Drop it like it's HOT: a vicious regress for higher-order thought theories. *Philos Stud* 176, 1563–1572. <https://doi.org/10.1007/s11098-018-1078-7>.
- Seroglou, F., & Adúriz-Bravo, A. (2012). Introduction: The Application of the History and Philosophy of Science in Science Teaching. *Science & Education* 21, 767–770. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9394-8>.
- Siew, N.M., Amir, N. & Chong, C.L. (2015). The Perceptions of Pre-Service and In-Service Teachers Regarding a Project-Based STEM Approach to Teaching Science. *SpringerPlus* 4, 8. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>.
- Sun, D., and Cee, K., L. 2013. Designing a Web-Based Science Learning Environment for Model-Based Collaborative Inquiry. *Journal of Science Education and Technology*. 22 (1): 73-89.
- Wei, B. (2019). Science Teacher Education in Macau: a Critical

Review. *Asia-Pacific Science Education*. 5, 10. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0036-9>.

Widiansyah, A. T., Indriwati, S. E., Munzil, M., & Fauzi, A. (2018). I-invertebrata as an android-based learning media for molluscs, arthropods, and echinoderms identification and its influence on students' motivation. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 4(1), 43-52.

Yarker, M. and Soonhye, P. 2012. Analysis of Teaching Resources for Implementing an Interdisciplinary Approach in the K-12 Classroom. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*.8(4): 223-232.



**Diterbitkan Oleh :**



ISBN 978-623-36606-7-9

