



MEMBANGUN TANGGUNGJAWAB PROFESIONAL CALON GURU FISIKA PADA ERA SOCIETY 5.0

Prof. Dr. Sarwi, M.Si.

Dosen Jurusan Fisika FMIPA dan Pascasarjana
Universitas Negeri Semarang

*Alamat Korespondensi: sarwi_dosen@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penulisan artikel mengungkap kemampuan dan pembekalan calon guru fisika sebagai profesional. Metode survei *expost facto* kuantitatif sudah dilaksanakan. Subjek penelitian 137 calon guru fisika dari lima universitas dan 41 guru sains fisika Sekolah Menengah Pertama. Purposive area sampling telah diterapkan. Instrumen angket, tes diagnostik perambatan bunyi dan penilaian produk. Analisis data digunakan analisis deskriptif dan uji ANOVA. Kemampuan calon guru Fisika membuat instrumen asesmen diagnostik bermuatan NGSS tidak berbeda secara nyata. Melalui analisis hasil penelitian calon guru telah memanfaatkan sumber belajar yang bersifat kontekstual yakni STEM bersumber di lingkungan siswa. Analisis hasil uji ANAVA dilaporkan penguasaan perambatan bunyi calon guru berbeda nyata. Peningkatan pemahaman konsep fisika bunyi diperlukan. Proses pembelajaran Fisika pada era Society 5.0 diperlukan inovasi dengan memadukan dunia nyata dan maya, sehingga menjadikan peserta didik lebih senang dan terbudaya dengan “ruh” fisika. Pembekalan kompetensi profesi dapat dilakukan institusi pembina (pemerintah), dosen (perguruan tinggi), dan organisasi profesi. Pengembangan kompetensi dilakukan melalui pengembangan diri, publikasi ilmiah, dan karya inovasi. Pada Era Society 5.0 pembinaan kompetensi profesional guru melalui desain interdisipliner empat komponen, manajemen waktu dan jadwal kepemimpinan bijak, yang difasilitasi pusat pembelajaran guru dengan ICT.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI Bandung

Katakunci: tanggungjawab profesional, konsep bunyi, calon guru, Era Society 5.0

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang pesat pada abad 21 yang ditandai dengan penemuan dan pengembangan bidang fisika. Pada era society 5.0 sudah dialami perubahan semua bidang berlangsung secara cepat. Ada tiga komponen yang menjadi subjek penentu perubahan pada masa sekarang yaitu basis data, sumber daya manusia, dan teknologi. Perkembangan IPTEKS telah berdampak pada tuntutan yang harus dilakukan masyarakat untuk mengikuti perubahan zaman yang cepat sekali. Demikian pula Ilmu Fisika mengalami perubahan sangat cepat baik dalam substansi keilmuan maupun metode pembelajarannya.

Pada era Society 5.0 memiliki visi untuk membingkai ulang yaitu: 1) hubungan antara teknologi dan masyarakat, dan 2) hubungan yang dimediasi teknologi antara

individu dan masyarakat. Masyarakat era 5.0 memiliki fokus kajian pada konsep-konsep kunci yang merupakan aspek paralel dari masyarakat: a) masyarakat yang berpusat pada manusia, b) menggabungkan ruang siber (maya) dengan ruang fisik (nyata), c) masyarakat yang padat pengetahuan, dan d) masyarakat berbasis data (Deguchi & Kamimura, 2020). Fokus kajian Society 5.0 lebih dominan pada skema dasar yang menggabungkan ruang fisik (dunia nyata) dan dunia maya (cyber). Bekerja pada dunia maya (cyberspace) mengacu ruang digital yang menempatkan data dunia nyata dikumpulkan dan dianalisis untuk mendapatkan solusi masalah. Ruang digital yang diciptakan oleh jaringan komputer untuk menganalisis masalah dan memodelkan solusi dunia nyata yang praktis. Konteks di atas, menggambarkan ruang virtual dengan

data mentah diakses secara bebas kemudian diolah menjadi informasi sebagai solusi masalah kehidupan nyata di masyarakat (Deguchi & Kamimura, 2020; Reisoglu, 2021).

Fisika termasuk ilmu pengetahuan tertua menurut sejarah penemuannya dibanding ilmu pengetahuan yang lain. Pada bidang pendidikan, ilmu pendidikan fisika diperlukan untuk membelajarkan fisika kepada peserta didik. Dampak pemanfaatan fisika adalah memudahkan masyarakat untuk memenuhi keperluan dan mengatasi masalah kehidupan. Oleh karena itu, fisika telah memasuki berbagai bidang kehidupan diantaranya, pada cabang-cabang keilmuan yaitu fisika kimia (*chemical physics*), fisika kebumih (*earth science*), fisika lingkungan (*environmental physics*), fisika kesehatan (*medical physics*), fisika hayati (*biophysics*), dan fisika pangan (*food physics*) (Sarwi et al., 2019). Ilmu pendidikan fisika telah memberi kontribusi dalam bidang pendidikan secara global dalam upaya mencerahkan manusia menuju peradaban yang lebih maju dan berkemanusiaan.

Pada era sekarang perlu pembahasan yang menyeluruh untuk memposisikan fisika dan pembelajarannya, agar semua komponen yang terlibat, dapat mengambil peran dan tanggung jawab sesuai bidang dan profesi masing-masing. Pentingnya fisika dan pembelajarannya, mendorong pelaku pendidikan mengarahkan kiblat untuk membumikan ke-fisika-an dalam semua sendi kehidupan, baik pada tingkat nasional maupun internasional (global). Upaya membumikan Fisika dapat dilakukan melalui pembiasaan perilaku ilmiah sebagai muatan ilmiah Fisika dan penerapan teknologi Pendidikan yang berguna sebagai akselerator dalam penguasaan Fisika. Teknologi informatika dan digital (Kamal et al., 2020; Fernandes, et al., 2018; Hanemann, 2021) dimanfaatkan sebagai *user generated content* (UGC) dan media berkomunikasi dan mencari data. Pada abad ke-21 ini teknologi Pendidikan telah bergeser kegunaannya, jika pada abad ke-20 berguna sebagai media Pendidikan

maka pada era abad ke-21 memiliki kegunaan yang lebih luas. Huang et al. (2019) menyatakan ada empat kegunaan teknologi pendidikan, yaitu penyelidikan, komunikasi, konstruksi dan pemecahan masalah, dan representasi pengetahuan. Penulisan artikel bertujuan untuk mengungkap kemampuan calon guru Fisika sebagai insan akademik dan bagaimana pembinaan profesi bagi guru Fisika sebagai pendidik generasi penerus bangsa.

METODE

Penelitian yang digunakan adalah kuantitatif survei *expost facto* yang dilakukan pada calon guru Fisika dan guru IPA Fisika. Subjek penelitian berjumlah 137 calon guru Fisika yang berasal dari perguruan tinggi di Jawa Tengah dan 41 guru IPA Fisika dari sejumlah SMP di Kota Semarang. Penentuan subjek penelitian menggunakan teknik *purposive area sampling*. Instrumen penelitian yang digunakan adalah kuesioner dan tes diagnostik dalam menguasai konsep Fisika. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, uji t dan uji ANAVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian (Sarwi et al., 2018) melaporkan kemampuan mahasiswa calon guru Fisika untuk menyusun asesmen Sains bermuatan NGSS disajikan pada Tabel 1. Hasil penelitian kemampuan penyusunan asesmen Sains berorientasi NGSS pada calon guru dari kedua Universitas dilaporkan bahwa skor pretest dan posttes yang dicapai mahasiswa calon guru yaitu 38 dan 35 (pretest) dan 73 dan 71 (posttest). Hasil analisis uji t diperoleh $t_{hitung} = 0.58$ dan $p = 0.56$, $\alpha = 0.05$. Pencapaian skor yang diperoleh mahasiswa dari kedua Perguruan Tinggi tidak berbeda secara signifikan. Informasi yang lain bahwa diperoleh korelasi yang tinggi antara kemampuan menyusun asesmen Sains

bermuatan NGSS, dengan koefisien korelasi 0.922 (sangat tinggi).

Tabel 1. Kemampuan Penyusunan Asesmen Sains bermuatan NGSS mahasiswa dari dua Perguruan Tinggi

No Kode	Skor Univ-1			Skor Univ-2		
	Pretes	Postes	Delta	Prete	Postes	Delta
1	33	80	48	35	65	30
2	45	73	28	35	85	50
3	38	70	33	38	65	28
4	25	73	48	35	58	23
5	33	68	35	38	63	25
6	45	75	30	40	85	45
7	35	73	38	35	80	45
8	40	73	33	35	55	20
9	38	60	23	25	83	58
10	45	60	15	35	68	33
11	40	65	25	35	73	38
12	38	90	53	35	75	40
13	33	85	53	30	65	35
14	50	70	20			
15	35	77	42			
Jumlahh	570	1091		450	918	
Rerata	38	73	35	35	71	36

Pembelajaran Sains dilaksanakan menggunakan model pembelajaran aktif berpendekatan kontekstual (STEM, SETS, dll) merupakan misi dalam kerangka kerja NGSS. Penelitian yang sejalan (Menon & Azam, 2020) tentang pengajaran keyakinan efikasi diri melalui kursus calon guru Sains. Hasil uji ANOVA menunjukkan perubahan signifikan secara statistik dalam sains peserta yang mengajarkan keyakinan efikasi diri. Analisis kualitatif mengungkapkan keyakinan self-efficacy awal calon guru berkembang melalui interaksi formal dan informal dengan sains. Tingkat self-efficacy diperoleh dari refleksi diri peserta pada pengajaran lapangan (outdoor learning). Temuan menjelaskan pengalaman lapangan dan praktik reflektif untuk self-efficacy pengajaran sains. Hasil riset berimplikasi untuk program pendidikan guru prajabatan, pendidikan guru sains, dan penelitian.

Hasil penelitian (Sarwi et al., 2021a) pada guru IPA Fisika tentang pembelajaran inovatif yang memanfaatkan sumber belajar STEM bersumber di lingkungan siswa telah dilaporkan. Gambar 1 menyajikan data persentasi guru IPA Fisika yang

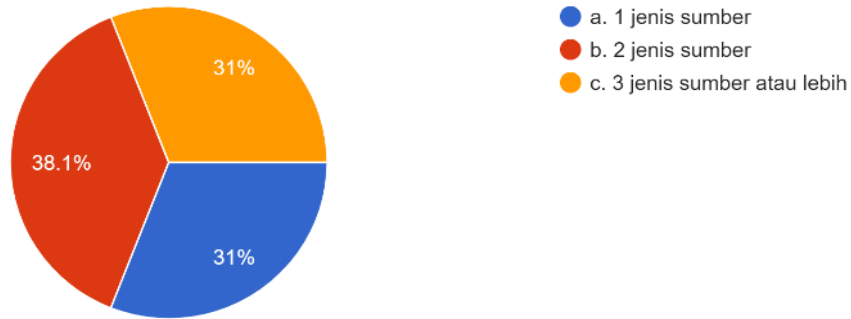
memanfaatkan sumber belajar STEM. Penjelasan informasi Gambar 1 bahwa ada 62 % guru IPA Fisika yang masih memanfaatkan satu sampai dua sumber belajar STEM dalam penyusunan RPP. Mendorong dan membawa calon guru dan guru untuk melakukan inovasi pembelajaran, dengan memanfaatkan lebih banyak sumber belajar baik yang berasal dari alam sekitar maupun gejala sosial. Temuan menunjukkan bahwa pelatihan pengetahuan dan praktik pengajaran selama program pendidikan guru, serta keyakinan guru tentang mengajar, berhubungan positif dengan persepsi guru STEM tentang kompetensi mengajar mereka.

Pelatihan mengajar berhubungan positif dengan kompetensi mengajar, dan efek tidak langsung yang signifikan untuk praktik dengan kompetensi mengajar yang dirasakan, dimediasi oleh keyakinan mengajar bagi guru sekolah menengah (Song & Zhou, 2020). Penelitian yang mendukung (McComas & Burgin, 2020), mengungkap perspektif peningkatan kualitas pembelajaran sains, dengan I-STEM dipromosikan menggunakan

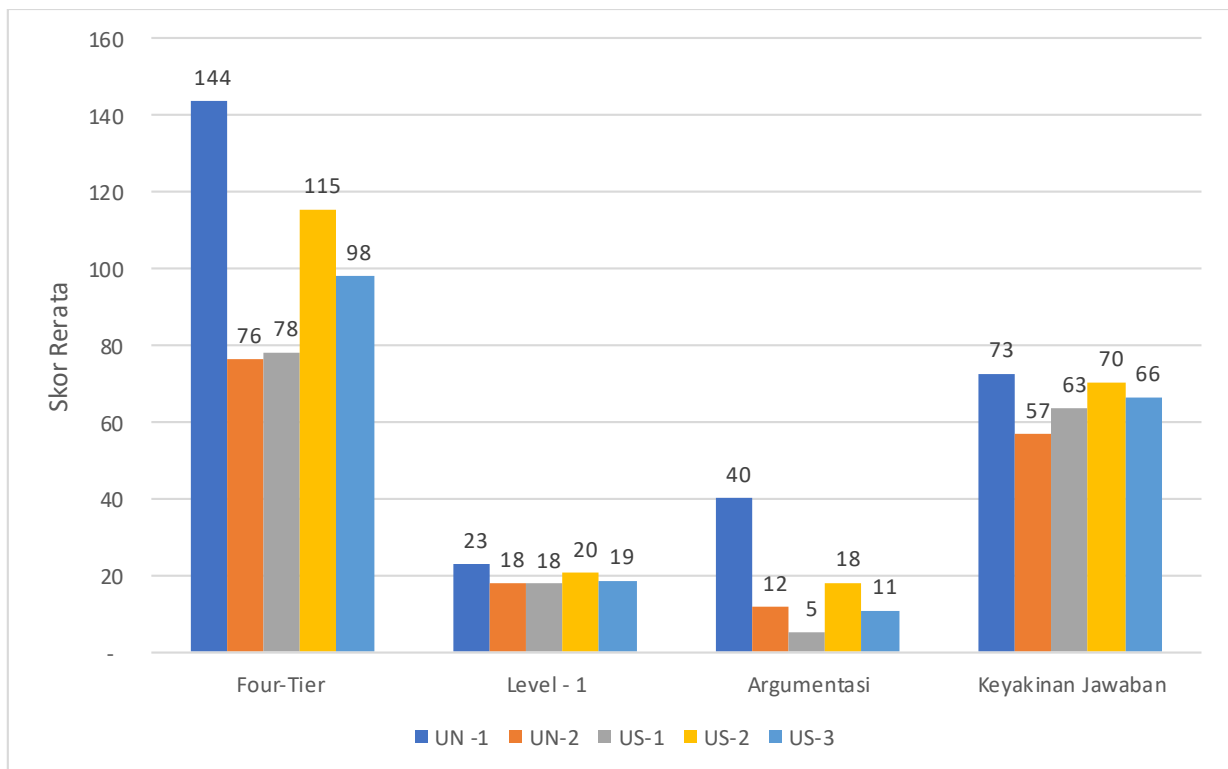
landasan empiris dan filosofis yang kuat. Diperlukan kepastian melakukan revolusi dalam pendidikan sains agar berhasil. Persiapan yang sempurna dan strategi

yang efektif dipercayai mengurangi kekhawatiran konten sains dan pembelajaran bermakna mudah hilang.

6. Sumber belajar etho-STEM mencakup: 1) Sumber daya alam (produksi garam, terasi, dll), 2) budaya sejarah (masjid, candi, klentheng, dll), 3...telah memasukkan sumber belajar unsur Ethno-STEM: 42 responses



Gambar 1. Pemanfaatan Sumber belajar STEM dalam Penyusunan RPP Pelajaran IPA Fisika



Gambar 2. Hasil asesmen diagnostik perambatan bunyi calon guru fisika dari lima Universitas di Jawa Tengah (Keterangan, UN-1: Universitas Negeri ke-1, UN-2: Universitas Negeri ke-2, US-1: Universitas Swasta ke-1, US-2: Universitas Swasta ke-2, dan US-3: Universitas Swasta ke-3)

Pembelajaran STEM dalam Sains (Fisika) harus memberi waktu dan energi untuk merancang instruksional secara substansial pada semua disiplin ilmu. Hasil penelitian (Sarwi et al., 2021b) melaporkan bahwa penggunaan asesmen diagnostic tentang perambatan bunyi disajikan pada Gambar 2. Melalui analisis hasil penelitian diperoleh temuan bahwa mahasiswa pada level 3 (memberi argumentasi) sangat berbeda kemampuan mereka. Berdasarkan data pada Gambar 2 dan Tabel 2 yang menarik adalah kemampuan memberi argumentasi mahasiswa salah satu Universitas swasta lebih baik daripada mahasiswa yang berasal dari salah satu Universitas Negeri di Jawa Tengah. Hasil yang menarik dari uji ANAVA untuk 6 unsur tes diagnostic berbeda secara signifikan, disajikan pada Tabel 2.

Penelitian yang terkait, dilaporkan menguji pengembangan identitas fisika guru fisika preservice melalui praktik instruksional tertentu, kursus dirancang khusus menggabungkan penggunaan beberapa representasi. Temuan ada peningkatan yang

signifikan dari dua komponen identitas fisika, yaitu kompetensi dan minat, dan menunjukkan potensi pengajaran berbasis Multirepresentasi (MR) dalam kursus fisika (Munfaridah et al., 2021). Dalam pembelajaran Fisika diperlukan inovasi agar proses internalisasi teori lebih mudah. Sejarah Fisika menjadi jembatan untuk memahami konsep-konsep, hukum, dan teori fisika. Penelitian (Nouri & McComas, 2019; Mesci, et al., 2020) melaporkan riset studi kasus dan kesimpulan yang menarik tentang kaitan nature of science (NOS) dan history of science (HOS) yakni beberapa aspek NOS menjadi fokus instruktur pada pembelajaran HOS, disertai pendekatan kontekstual untuk memasukkan NOS. Sejumlah instruktur percaya bahwa NOS adalah fokus utama kelas HOS yang diajarkan secara eksplisit. Kebanyakan instruktur melaporkan keyakinan bahwa guru preservice akan belajar tentang NOS sebagai hasil alami dari kelas HOS.

Tabel 2. Hasil ANAVA Penguasaan Perambatan Bunyi Mahasiswa Fisika berdasarkan Asal PT di Jawa Tengah

Materi	Nilai F	Signifikansi	Keputusan
Konsep Gelombang Bunyi	20.1	0.000	Berbeda sangat nyata
Four-Tier Bunyi	3.00	0.020	Berbeda sangat nyata
Level Satu Gelombang Bunyi	10.2	0.000	Berbeda sangat nyata
Argumentasi	30.2	0.000	Berbeda sangat nyata
Keyakinan Jawaban	3.0	0.020	Berbeda sangat nyata
Pemecahan Masalah Bunyi	6.7	0.000	Berbeda sangat nyata
Indeks Prestasi Akademik	3.9	0.005	Berbeda sangat nyata

Pembinaan Guru dan Calon Guru Fisika dalam Era Society 5.0

Pembekalan bagi calon guru Fisika difokuskan pada tanggungjawab untuk memasyarakatkan (membangkitkan) Fisika sehingga para pelajar dan masyarakat lebih dekat atau fisika menjadi kebiasaan hidup sehari-hari. Membangkitkan fisika melalui pembelajaran menjadi tanggungjawab guru, dosen, dan institusi yang terlibat pendidikan.

Jabatan guru sebagai suatu profesi sering dipertanyakan oleh masyarakat. Ada sebagian dari masyarakat beranggapan bahwa guru bukanlah profesi karena dapat dilakukan oleh pihak atau lulusan yang bukan guru. Padahal, pekerjaan profesional berbeda dengan pekerjaan lainnya karena suatu profesi memerlukan kemampuan dan keahlian khusus dalam melaksanakan profesinya. Dengan

demikian pekerjaan profesional adalah pekerjaan yang hanya dapat dilakukan oleh mereka yang khusus dipersiapkan untuk profesi itu. Profesi guru adalah pekerjaan profesional minimal memenuhi dua syarat yakni merupakan panggilan jiwa dan menguasai bidang keilmuan.

Membumikan fisika dapat dilakukan melalui berbagai cara, yaitu pembelajaran fisika, penelitian, dan penerapan fisika dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran inovatif dengan pendekatan ilmiah dicirikan dengan pengetahuan dikonstruksi siswa sendiri melalui aktivitas menelaah, mengamati, menanya, mengolah, melaporkan, dan mengkomunikasikan hasil belajarnya. Hakikat pembelajaran inovatif adalah pembelajaran yang dihasilkan dari model yang semuanya baru atau hasil modifikasi dari model yang sudah ada oleh guru.

Penelitian pembelajaran fisika telah dilakukan secara berkelanjutan mencakupi konsep fisika (Fitrianingrum, dkk 2016; Munifatu Zahroh, dkk 2018) dan model pembelajaran fisika (Sarwi, et al., 2016; Agtasiaputri, dkk 2017;) pada jenjang pendidikan Sekolah Menengah Atas. Konsep-konsep fisika pada jenjang SMA yaitu ketimbangan benda tegar, gelombang, dan fluida statis telah dibahas dalam penelitian di atas. Hasil penelitian dinyatakan kemampuan berpikir kritis dan penyelesaian masalah masih rendah. Pada umumnya para siswa kesulitan pada tipe masalah fisika dalam bentuk matematik dan grafik. Pada sisi lain, tentang metode pembelajaran telah diperoleh hasil penelitian bahwa pembelajaran inovatif inkuiri dan pembelajaran proyek menunjukkan keunggulan dalam mengungkap penguasaan konsep, pengembangan keterampilan, dan produk belajar siswa (Sarwi et al., 2016) dan ditekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek mampu memfasilitasi proyek berpusat siswa, focus pada kompetensi abad ke-21, interaksi guru-siswa kuat (Morrison et al., 2020).

Mengacu pada landasan tentang kedudukan profesi guru diatur dalam Undang-undang RI No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

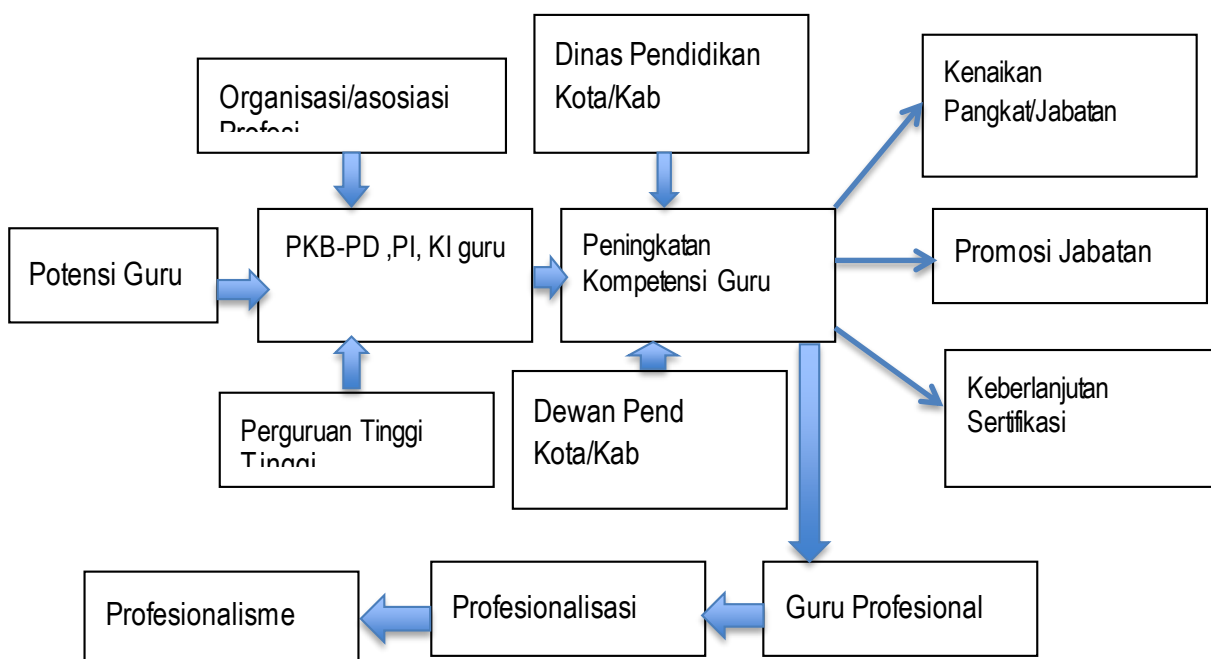
(Sisdiknas) pasal 39 ayat 2 dinyatakan bahwa pendidik merupakan tenaga profesional yang bertugas merencanakan dan melaksanakan pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan, serta melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Pengembangan profesional guru diakui sebagai hal yang fundamental untuk meningkatkan mutu pendidikan (Mulyasa, 2017). Pendidik pada abad 21 selayaknya memiliki karakteristik yang spesifik jika dibanding dengan guru pada abad-abad sebelumnya. Karakteristik guru pada abad 21 mencakupi sejumlah persyaratan: 1) memiliki semangat juang dan etos kerja yang tinggi disertai kualitas keimanan dan ketakwaan yang kuat (intelektual & spiritual), 2) mampu memanfaatkan IPTEK sesuai tuntutan lingkungan sosial dan budaya di sekitarnya, 3) berperilaku profesional tinggi dalam mengemban tugas dan menjalankan profesi, 4) memiliki wawasan ke depan yang luas dan tidak sempit dalam memandang berbagai permasalahan, dan 5) memiliki keteladanan moral dan rasa estetika yang tinggi, serta 6) mengembangkan prinsip kerja bersaing dan bersanding (bermitra, berkolaborasi). Kompetensi guru generasi 2045 meliputi bidang keilmuan, pedagogi, sikap dan etika, keterampilan, serta keperluan pengalaman pembelajaran bersifat otentik dan transformatif (Ali et al., 2020).

Penelitian yang mendukung karakteristik guru abad ke-21 yaitu tentang pemanfaatan artefak sejarah Fisika, dilaporkan (Schvartzer et al., 2020) bahwa 1) bagaimana investigasi sejarah dari sejarah Fisika dapat ditransformasikan pada rencana pembelajaran fisika yang konkrit dan 2) mengeksplorasi peran representasi matematis dalam penyelidikan ilmiah dan membahas kemampuan studi kasus sejarah Fisika pada pendidikan guru fisika preservice dan in-service. Artefak sejarah "folio 116v" berisi catatan laboratorium otentik Galileo dan perhitungan

penemuan revolusioner pada benda jatuh bebas dan gerakan proyektil. Para mahasiswa harus menyadari secara eksplisit bahwa alat dan representasi pada catatan Galileo sangat berbeda dengan alat eksperimen dan matematika zaman sekarang.

Pembekalan kompetensi profesi yang diarahkan pada kompetensi unggul abad ke-21 dan era society 5.0 disajikan pada Gambar 3. Program pengembangan profesional direkomendasikan ada tiga yaitu merumuskan tujuan pembelajaran berdasarkan pengetahuan yang telah dimiliki, merancang pembelajaran berdasarkan hasil penelitian, dan membentuk kelompok studi yang berfokus pada proses pengembangan dan publikasi hasil penelitian (Bell, 2016). Lebih tegas dalam Permendiknas No. 35 tahun 2010 menetapkan tiga unsur pengembangan keprofesional berkelanjutan (PKB) mencakup pengembangan diri, publikasi ilmiah, dan karya inovatif. Meskipun pembelajaran dirancang secara lengkap, pada masa pandemik diperlukan perhatian bahwa siswa merasakan penurunan yang signifikan secara statistik dalam kekompakan siswa, dukungan guru, keterlibatan, orientasi tugas dan kesetaraan, dengan penurunan terbesar

0,56 standar deviasi terjadi untuk kekompakan siswa (Long et al., 2021). Tingkat kualitas sekolah dan pembinaan profesional guru sains telah diteliti. Faktor proporsi pembinaan profesional (PD) tingkat sekolah untuk prestasi sains dan kehadiran training memiliki hubungan positif yang signifikan (Li, et al., 2021). Efek interaksi lintas tingkat yang signifikan ditemukan antara persyaratan PD dan iklim disiplin. Dengan demikian pada masa pandemi diperlukan perhatian, tindakan khusus dan strategis dalam penyelenggaraan pembelajaran di institusi Pendidikan. Penelitian yang relevan (Kim & Lee, 2019) melaporkan hubungan antara kepemimpinan instruksional kepala sekolah dan partisipasi guru dalam pengembangan profesional di Jepang, Singapura, dan Korea Selatan sudah dilakukan. Kepemimpinan instruksional kepala sekolah mempengaruhi partisipasi guru dalam pendampingan, pengamatan sejawat, dan pembinaan. Penelitian mengungkap karakteristik lintas negara bahwa hubungan positif antara kepemimpinan kepala sekolah dan pengembangan profesional guru di tiga negara Asia telah ditemukan.



Gambar 3. Skema model hipotetik pembinaan profesional guru & calon guru

Pembinaan profesional beberapa strategi telah diungkap (Frerejean, et al., 2021; Nuwan, et al., 2020) melaporkan pengambilan keputusan desain sistematis dalam strategi pengembangan profesional mencakupi empat komponen: tugas belajar, informasi yang mendukung, informasi prosedural, dan praktik bagian-tugas; yang melibatkan perencanaan jadwal, manajemen waktu, dan kepemimpinan suportif sangat berdampak positif. Lebih lanjut penelitian pembinaan professional mengungkap kepemimpinan guru dan keyakinan pedagogi (Xie, et al., 2020; Kwok, et al., 2021) melaporkan enam factor berdampak pada kepemimpinan guru yaitu asosiasi, pembelajaran profesi, asesmen, instruksional, komunitas, dan kepemimpinan bijak. Di Indonesia pembinaan profesional telah diungkap (Lim & Liang, 2020) bahwa institusi pembinaan professional guru memfasilitasi untuk aktivitas belajar profesi, sumber belajar, pendukung pembelajaran, asesmen pada pusat pembelajaran guru.

PENUTUP

Pada era Society 5.5 Pendidikan Fisika lebih spesifik pembelajaran fisika dewasa ini menghadapi dua masalah utama yakni pembelajaran Fisika (teori, hukum, konsep) dan pengembangan profesi guru. Calon guru Fisika (Sains) telah memahami dan cukup terampil dalam menyusun instrumen asesmen diagnostic bermuatan NGSS. Melalui analisis hasil penelitian calon guru telah memanfaatkan sumber belajar yang bersifat kontekstual yakni STEM yang tersedia di lingkungan tempat tinggal siswa. Analisis hasil uji ANAVA dilaporkan penguasaan perambatan bunyi calon guru berbeda nyata. Peningkatan pemahaman konsep fisika bunyi diperlukan. Proses pembelajaran Fisika pada era Society 5.0 diperlukan inovasi dengan memadukan dunia nyata dan maya, sehingga menjadikan peserta didik lebih senang dan terbudaya dengan "ruh" fisika.

Pembinaan kompetensi profesi dapat dilakukan institusi pembina (pemerintah), dosen (perguruan tinggi), dan organisasi profesi lainnya. Pengembangan kompetensi

dilakukan melalui pengembangan diri, publikasi ilmiah, dan karya inovasi. Pada Era Society 5.0 pembinaan kompetensi profesional guru melalui desain interdisipliner empat komponen, manajemen waktu dan jadwal, dan kemimpinan kebijakan, yang difasilitasi pusat pembelajaran guru dengan ICT.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Sudaryono, Soeharto, Musa, A.M., Luknanto, D., Alfian, M.A. Amirrachman, A. & Rahmawati, Y. (2020). *Arah Kompetensi Generasi Indonesia Menuju 2045*. Jakarta: BSNP
- Agtasiaputri, C., Sarwi, S. & Sugiyanto. (2015). Penerapan *Guided Inquiry* sebagai Upaya Penguatan Pemahaman Konsep dan Pengembangan Nilai Karakter Konservasi Siswa. *Artikel pada Prosiding Seminar Nasional* pada tanggal 28 Nopember 2015, FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Bell, D.V.J. (2016). Twenty-first Century Education: Transformative Education for Sustainability and Responsible Citizenship. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 18(1): 48-56. <https://doi.org/10.1515/jtes-2016-0004>
- Deguchi, A. & Kamimura, O. (2020). *Society 5.0 A People-centric Super-smart Society*. Tokyo: Hitachi and The University of Tokyo Joint Research Laboratory.
- Fernandes, G.W.R., Rodrigues, A.M., & Ferreira, C.A. (2020). Professional Development and Use of Digital Technologies by Science Teachers: a Review of Theoretical Frameworks. *Res Sci Educ* 50, 673–708. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9707-x>
- Fitrianingrum, A.M., Sarwi, S. & Astuti, B. (2016). The influence of project-based learning experiment

- implementation to the students" concept mastery of rigid body. *Proceeding in the 3rd International conference on Mathematics, Science, and Education*. September, 3-4 2010.
- Frerejean, J., van Geel, M., Keuning, T., Dolmans, D. van Merrienboer, J.J.G. & Visscher, A.J. (2021). Ten steps to 4C/ID: training differentiation skills in a professional development program for teachers. *Instr Sci* **49**, 395–418 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s11251-021-09540-x>
- Hanemann, U. (2021). New literacies and teacher learning: Professional development and the digital turn. *Int Rev Educ* **67**, 257–263.
<https://doi.org/10.1007/s11159-021-09899-6>
- Huang, R., Spector, J.M. & Yang, J. (2019). *Educational Technology A Primer for the 21st Century*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019.
- Kamal, I., Firmansyah, E.A., Rafiah, K.K., Rahmawan, A.F. & Rejito, C. (2020). *Pembelajaran di Era 4.0 Aplikasi Teknologi Informasi dalam Pembelajaran*. Bandung: Penerbit Yrama Didya.
- Kim, T., & Lee, Y. (2020). Principal instructional leadership for teacher participation in professional development: evidence from Japan, Singapore, and South Korea. *Asia Pacific Educ. Rev.* **21**, 261–278.
<https://doi.org/10.1007/s12564-019-09616-x>
- Kwok, A., Keese, J., Suárez, M.I., Mitchell, D. & Huston, D. (2021). Novice teacher vertical professional development? Exploring teachers' and coaches' beliefs throughout a two-year induction program. *Learning Environ Res* (2021).
<https://doi.org/10.1007/s10984-021-09360-3>
- Li, S., Liu, X., Yang, Y. & Tripp, J. (2021). Effects of Teacher Professional Development and Science Classroom Learning Environment on Students' Science Achievement. *Res Sci Educ* (2021).
<https://doi.org/10.1007/s11165-020-09979-x>
- Lim, C.P., Juliana & Liang, M. (2020). An activity theory approach toward teacher professional development at scale (TPD@Scale): A case study of a teacher learning center in Indonesia. *Asia Pacific Educ. Rev.* **21**, 525–538.
<https://doi.org/10.1007/s12564-020-09654-w>
- Long, C.S., Sinclair, B.B., Fraser, B.J. (2021). Preservice teachers' perceptions of learning environments before and after pandemic-related course disruption. *Learning Environ Res.*
<https://doi.org/10.1007/s10984-021-09376-9>
- Menon, D., & Azam, S. (2020). Investigating Preservice Teachers' Science Teaching Self-Efficacy: an Analysis of Reflective Practices. *Int J of Sci and Math Educ* (2020).
<https://doi.org/10.1007/s10763-020-10131-4>
- Mesci, G., Schwartz, R.S. & Pleasants, B.A.S. (2020). Enabling Factors of Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry. *Sci & Educ* **29**, 263–297.
<https://doi.org/10.1007/s11191-019-00090-w>
- Morrison, J., Frost, J., Gotch, C., McDuffie, A.R., Austin, B. & French, B. (2021). Teachers' Role in Students' Learning at a Project-Based STEM High School: Implications for Teacher Education. *Int J of Sci and Math Educ* **19**, 1103–1123.

- <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10108-3>
- McComas, W.F., & Burgin, S.R. (2020). A Critique of “STEM” Education. *Sci & Educ* **29**, 805–829 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2>
- Mulyasa, H.E. (2017). *Uji Kompetensi dan Penilaian Kinerja Guru*. Bandung: Remaja Rodakarya
- Munfaridah, N., Avraamidou, L. & Goedhart, M. (2021). Preservice Physics Teachers’ Development of Physics Identities: the Role of Multiple Representations. *Res Sci Educ*. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10019-5>
- MunifatuZZaroh, U.M. (2018). Penyusunan Instrumen Penilaian Multirepresentasi berbasis keterampilan abad 21 pada Fluida Statis. *Skripsi Jurusan Fisika, FMIPA UNNES*
- NEA. (2019). *Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator’s Guide to the “Four Cs”*. Washington: National Education Association.
- Nouri, N., & McComas, W.F. (2021). History of Science (HOS) as a Vehicle to Communicate Aspects of Nature of Science (NOS): Multiple Cases of HOS Instructors’ Perspectives Regarding NOS. *Res Sci Educ* **51**, 289–305. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09879-9>
- Nuwan, P.M.M.C., Perera, B.A.K.S. & Dewagoda, K.G. Development of Core Competencies of Construction Managers: The Effect of Training and Education. *Tech Know Learn* **26**, 945–984 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09474-2>
- Reisoğlu, İ. (2021). How Does Digital Competence Training Affect Teachers’ Professional Development and Activities? *Tech Know Learn*. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09501-w>
- Sarwi, S., Sutardi & Prayitno, W.W. (2016). Implementation of guided inquiry physics instruction to increase an understanding concept and to develop the students’ character conservation. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, **12** (1), 1-7. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JPFI/article/view/4264>
- Sarwi, S., Ellianawati, E. & Isnaeni, W. (2018). Pengembangan Asesmen Sains berorientasi NGSS untuk peningkatan scientific and literacy skills siswa. *Laporan Penelitian Hibah Pengembangan Keilmuan, LP2M UNNES*.
- Sarwi, S., Ellianawati, E. & Suliyannah (2019). Grounding physics and its learning for building global wisdom in the 21st century. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1171** 012001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1171/1/012001/pdf>
- Sarwi, S., Sumarni, W., Khusniati, M., Handayani, L. & Sutarto, H. (2021a). Integrasi Concepts and Skills Ethno-STEM pada Pembelajaran Sains SMP di Kota Semarang. *Laporan Penelitian Hibah DIPA LP2M, UNNES*.
- Sarwi, S., Fathonah, S., Linuwih, S. & Astuti, B. (2021b). Asesmen Diagnostik Four-tier Perambatan Bunyi berdasarkan conceptual change and mental models mahasiswa. *Laporan Penelitian Hibah DIPA LP2M, UNNES*.
- Schvartzer, M., Elazar, M. & Kapon, S. (2021). Guiding Physics Teachers by Following in Galileo’s Footsteps. *Sci & Educ* **30**, 165–179. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00160-4>
- Song, H., & Zhou, M. (2021). STEM Teachers’ Preparation, Teaching Beliefs, and Perceived Teaching

Competence: a Multigroup Structural Equation Approach. *J Sci Educ Technol* **30**, 394–407.

<https://doi.org/10.1007/s10956-020-09881-1>

Xie, C., Song, P. & Hu, H. (2021). Measuring Teacher Leadership in Different Domains of Practice: Development and Validation of the Teacher Leadership Scale. *Asia-Pacific Edu Res* **30**, 409–419. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00527-9>