

PEMBEKALAN KETERAMPILAN MENULIS BAHAN AJAR IPA BERBASIS STEM-R (*SCIENCE-TECHNOLOGY-ENGINEERING-MATHEMATIC PLUS RELIGION*) PADA MAHASISWA CALON GURU

Tri Wahyu Agustina*¹, Wahyuni Handayani², Muhammad Ghilman Firdaus³

¹Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan dan Magister Tadris IPA, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,

²Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,

³Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

e-mail*¹: triwahyuagustina@uinsgd.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian untuk membekalkan keterampilan menulis bahan ajar IPA berbasis STEM-R menggunakan Triple Step Writing Strategy (TS-WS) secara daring beserta kendala-kendala selama pembelajaran. Strategi TS-WS meliputi perencanaan, translasi, dan revisi. Sample mahasiswa calon guru berjumlah 26 orang menggunakan satu kelas. The One Group Pre-Test & Post-Test Design. Penugasan menulis bahan ajar awal (O₁) selanjutnya dilakukan perlakuan TS-WS dan merevisi tulisan bahan ajar/bahan ajar akhir (O₂). Pengukuran keterampilan menulis menggunakan instrumen skoring dan rubric asesmen kinerja. Analisis data menggunakan normalized gain (n-gain,) perhitungan persentase pada kriteria tertentu dan uji statistik wilcoxon. Instrumen kendala pembelajaran menggunakan angket pertanyaan terstruktur dan catatan lapangan yang dianalisis secara deskriptif kualitatif. Hasil n-gain bahan ajar secara umum menunjukkan 32% berkriteria sedang dan 44% berkriteria rendah. Uji wilcoxon menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara tulisan bahan ajar awal dan tulisan bahan ajar akhir. Kendala-kendala, antara lain: kesulitan membuat indikator pencapaian kompetensi, menganalisis dimensi pengetahuan, menerapkan STEM-R pada konten materi IPA, dan kondisi pembelajaran daring. Strategi TS-WS dapat membekalkan keterampilan menulis bahan Ajar IPA STEM-R pada sebagian besar mahasiswa calon guru

Kata kunci— Bahan Ajar IPA, STEM-R, Triple Step Writing Strategy

ABSTRACT

The purpose of this research is to improve the skill in writing science-based STEM-R teaching materials using the Triple Step Writing Strategy (TS-WS) online, along with finding out the challenges encountered during the learning process. The TS-WS strategy includes planning, translation, & revision. The sample consists of 26 pre-service teachers in one class. The research uses the One Group Pre-Test & Post-Test Design. Assignments given were writing initial teaching materials (O₁) followed by TS-WS treatment and revising the teaching materials/final teaching materials (O₂). Writing skill assessment was done using a scoring instrument & performance assessment rubric. Data were analyzed using normalized gain (n-Gain), percentage calculations for certain criteria, & Wilcoxon statistical test. The learning challenges instrument used was a structured questionnaire & field notes were analyzed descriptive-qualitatively. The overall n-Gain of the teaching materials showed 32% to be "moderate" & 44% to be "low". The Wilcoxon test showed a significant difference between the writings of initial and final teaching materials. Some of the challenges encountered are difficulties in creating performance indicators, analyzing knowledge dimensions, applying STEM-R to science content and online learning conditions. The TS-WS strategy can provide improve the pre-service teacher's skills in writing science-based STEM-R teaching materials.

Keywords— Science Teaching Materials, STEM-R, Triple Step Writing Strategy

I. PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 tahun 2007 dan nomor 19 tahun 2017 mengenai standar kualifikasi dan kompetensi guru sebagai pendidik profesional. Khususnya pada kompetensi pedagogik dan profesional mengharuskan guru dapat mengembangkan materi pembelajaran secara kreatif. Hal tersebut didukung dengan Peraturan Pemerintah nomor 57 tahun 2021 mengenai standar pendidikan nasional. Guru sebaiknya mempersiapkan suasana belajar dan proses pembelajaran secara terencana diantaranya mempersiapkan bahan ajar. Guru menulis bahan ajar merupakan sumber pembelajaran bagi para siswa (Vazquez et al, 2012). Bahan ajar dapat

berbentuk lembar kerja siswa, modul, catatan pelajaran, tugas kinerja praktikum, dan teksbook. Bahan ajar tersebut merupakan hal yang penting selama pembelajaran (Sinaga et al, 2015). Hal tersebut menyiratkan bahwa menulis ajar merupakan hal yang penting untuk dilatihkan kepada mahasiswa calon guru selama masa studinya.

Hasil studi lapangan bahwa keterampilan guru dalam menulis bahan ajar masih berkriteria rendah (Sinaga et al, 2015; Sinaga & Feranie, 2016). Akan tetapi, pelatihan menulis bagi para guru masih minim (Barrass, 2000; Sinaga & Feranie, 2016). Padahal, UNESCO telah memberikan penekanan mengenai pentingnya literasi membaca dan menulis (UNESCO, 2017). Pembekalan keterampilan menulis untuk calon guru umumnya diterapkan pada pembelajaran bahasa misalnya menggunakan kooperatif tipe *Student Teams Achievement Divisions* (STAD) pada sekolah internasional dan Sekolah Dasar (Nair, 2018; Padmadewi & Artini, 2018). Khususnya pada bahan ajar IPA bahwa berbagai strategi pembelajaran untuk melatih keterampilan menulis bahan ajar telah dilakukan, diantaranya strategi desain *scaffolding* pada bahan ajar Fisika (Sinaga et al, 2015), *embedded non-traditional writing* pada perkuliahan fisika modern (Sinaga & Feranie, 2016), *argument driven inquiry* (ADI) pada pendidikan sains (Cetin & Eymur, 2017), pengembangan bahan ajar IPA Sekolah Dasar (Anggreni, 2018), training penulisan ilmiah bagi guru (Subekti et al, 2019), berbasis argumentasi ilmiah pada materi Sel Volta (Nurdiyanti et al, 2019), *Writing to Learn* pada materi Cahaya dan Alat Optik (Aries et al, 2020), dan *Triple Step Writing Strategy* pada mahasiswa calon guru Fisika (Handayani et al, 2021).

Tidak mudah memfasilitasi guru untuk terampil menulis bahan ajar (Cetin & Eymur, 2017). Berbagai kendala seperti motivasi, manajemen waktu, dan pengetahuan menulis menjadi menjadi tantangan bagi guru dalam menulis (Subekti et al, 2019). Kendala tersebut membutuhkan redesain pembelajaran untuk dapat mengaktifkan, memotivasi dan mengaplikasikan pengetahuan ke dalam strategi menulis bahan ajar (Giridharan & Robson 2011; Hasegawa, 2013; Mulyatiningsih et al, 2018).

Seorang guru IPA dituntut memiliki keterampilan mengajar IPA dan menguasai konten dan konteks IPA (NRC, 1996). Materi IPA yang memiliki gradasi keabstrakan, banyak istilah, tingkat kompleksitas yang berbeda-beda, dapat berkaitan dengan kehidupan sehari-hari serta berhubungan dengan aspek sosial, budaya, dan agama (Widodo, 2021). Untuk mendukung pembelajaran IPA seyogyanya guru IPA memiliki keterampilan menulis bahan ajar IPA yang bersifat kontekstual sekaligus mengembangkan literasi sains (Widiyatmoko & Pamelasari, 2012; Cetin & Eymur, 2017; Anggreni, 2018). Visualisasi pada pembelajaran IPA sangat penting dilakukan supaya siswa dapat memahami materi IPA, representasi visual, mengevaluasi dan mendukung metakognisi siswa (Bilbokaite, 2009; Locateli et al, 2010).

Calon guru IPA seyogyanya memiliki keterampilan menulis bahan ajar IPA. Salah satu strategi yang dianggap efektif untuk menunjang keterampilan menulis ajar yaitu *Triple Step Writing Strategy* (TS-WS) pada mahasiswa calon guru Fisika (Handayani et al, 2021). TS-WS dikembangkan melalui adaptasi dan modifikasi tiga proses kognitif menulis, antara lain: perencanaan, translasi, dan revisi (Hayes & Flower, 1986) atau dengan kata lain sebagai *triple task*. Tiga proses kognitif tersebut dinyatakan efektif dan efisien dalam meningkatkan argumentasi menulis mahasiswa (Limpo & Alves, 2018). Kelebihan pada TS-WS bahwa mahasiswa dapat menulis bahan ajar menggunakan tahap-tahap menulis, antara lain: perencanaan, translasi, dan revisi secara jelas dan terperinci. Setiap tahap tersebut dapat terdokumentasikan secara baik. Dosen dapat menelusuri kekurangan dan kesalahan uraian konsep pada produk tulisan mahasiswa. Mahasiswa dapat merevisi ulang produk tulisan. Penulisan bahan ajar merupakan keterampilan menulis tingkat lanjut dengan memperhatikan sisi pembacanya. Penulisan teks tingkat lanjut tidak hanya melibatkan bahasa akan tetapi berkaitan dengan konten teks dan struktur wacana yang tersedia dalam memory jangka panjang (Kellog, 2008). Dengan demikian, dosen dapat melatih keterampilan menulis bahan ajar menggunakan TS-WS (Handayani et al, 2021).

Guru masih kesulitan untuk mengajarkan sains yang dikaitkan dengan konteks dunia nyata dan teknologi. Guru merasa tidak memiliki pengalaman dan kemampuan dalam bidang non-sains

(Fensham, 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Handayani et al (2021) menunjukkan keterampilan calon guru Fisika dalam mengkaitkan konten Fisika dengan konteks sains dan teknologi masih rendah. Kondisi tersebut menjadi refleksi bagi institusi pendidikan untuk menyusun strategi pembelajaran yang dapat mempersiapkan calon guru menulis bahan ajar yang sesuai dengan konteks sains dan teknologi. Salah satu model pembelajaran yang dapat menghubungkan konten sains dengan konteks sains dan teknologi yaitu STEM. Para ahli telah mengembangkan model pembelajaran STEM untuk mendukung keterampilan abad 21 dan mempersiapkan mahasiswa calon guru dalam menghadapi tantangan global. Model tersebut dapat menunjang keterampilan berpikir tingkat tinggi (Bybee, 2010; Hanover Research, 2011; Basham & Marino, 2013; Jho et al, 2016; Winarni et al, 2016). Penelitian mengenai STEM dan penulisan bahan ajar telah dilakukan oleh Lestari (2019) dengan cara mengembangkan *Workbook* berbasis STEM menggunakan multimodus representasi untuk melatih keterampilan berpikir kreatif dan literasi teknologi serta rekayasa bagi siswa SMK.

STEM dapat diembeddedkan dengan penambahan aspek religion menjadi STEM-R. Landasan yuridis aspek religion didukung dengan Undang-undang Sistem Pendidikan Nasional tahun 2003, kurikulum 2013, kurikulum 2013 yang disempurnakan yang tertuang pada kompetensi inti satu, dan peraturan pemerintah nomor 57 tahun 2021. Aspek religion diantaranya merupakan bagian dimensi penguatan karakter dalam hal ini keimanan dan ketaqwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia termasuk pada mata pelajaran IPA (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan 2017; Hardanie et al, 2021). Kesemua aturan tersebut menunjukkan bahwa pendidikan bertujuan mengembangkan ketaqwaan dan akhlaqul kharimah terhadap peserta didik. Dengan demikian, guru pada pembelajaran abad 21 diharapkan dapat menerapkan nilai-nilai untuk membentuk kepribadian peserta didik (Zubaidah, 2019). Salah satu nilai-nilai IPA adalah nilai religion (Yudianto, 2005; Widodo, 2021).

Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Gunung Djati Bandung merupakan institusi pendidikan tinggi yang memiliki ciri khas keagamaan. Basis ilmu yang berkembang di UIN Bandung bahwa pengetahuan sains dipandu oleh wahyu (dalam hal ini ajaran Islam/religion). Basis ilmu tersebut dinyatakan dalam istilah paradig “Wahyu Memandu Ilmu” (WMI). Tujuan paradig tersebut supaya jangan sampai ada pengetahuan *science* yang bertentangan dengan Tuhan (*wahyu/religion*) (Subandi, 2010; Natsir, 2013; Agustina et al, 2018; WMI Consortium, 2019).

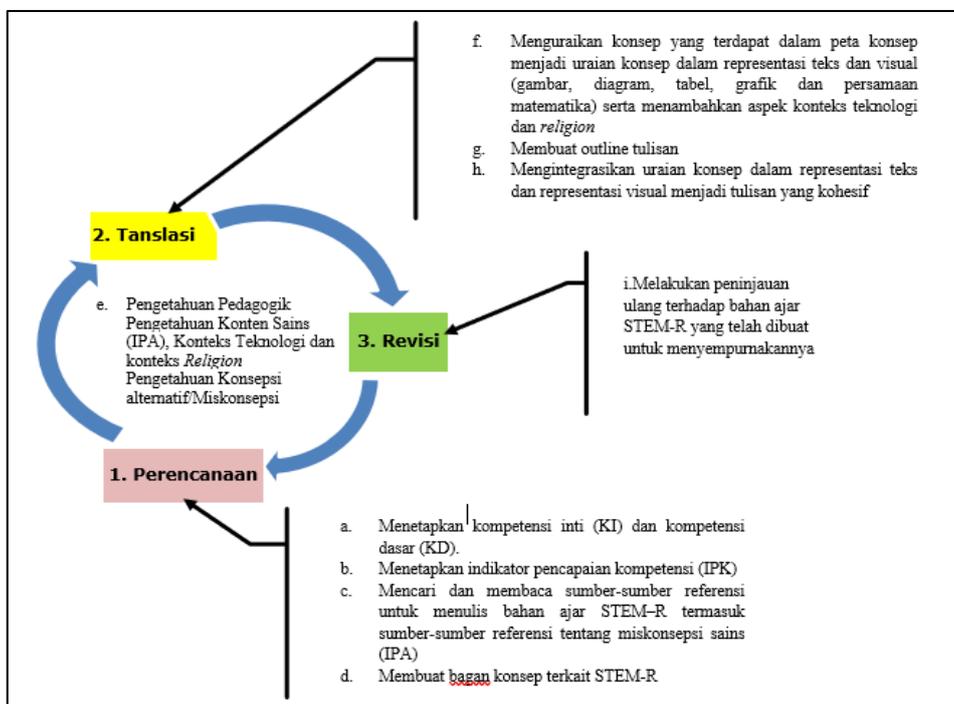
Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan guru-guru mengalami kendala dalam memadukan materi pelajaran dengan agama. Guru belum terbiasa mengintegrasikan materi dengan agama karena terbatasnya bahan ajar yang relevan dengan aspek *religion* (Yudianto, 2010; Mulyono et al, 2017). Padahal, pembelajaran yang dipadukan dengan nilai agama dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Yudianto, 2010). Berdasarkan hasil survey kepada guru-guru yang tergabung pada Musyawarah Guru Mata Pelajaran tingkat Madrasah Aliyah di Jawa Barat menunjukkan bahwa 97% guru menyatakan urgensitas memadukan materi dengan aspek agama untuk meningkatkan ketaqwaan siswa (Agustina et al, 2020a). Dengan demikian, penting mempersiapkan calon guru IPA memiliki keterampilan menulis bahan ajar IPA yang dapat mengintegrasikan nilai *religion* melalui STEM-R. Hal tersebut dilakukan bertujuan membekali keterampilan abad 21, mendukung kompetensi professional, dan membangun karakter calon guru yang bertaqwa untuk menghadapi tantangan global.

Penelitian-penelitian mengenai keterampilan menulis bahan ajar dilakukan melalui strategi pembelajaran dalam kondisi pembelajaran offline (*luring*) atau sebelum masa pandemic COVID-19, kecuali penelitian yang telah dilakukan oleh Suprihatin et al (2021) melalui Blended Learning dan menulis teks deksriptif menggunakan video di SMA pada masa transisi p&emic COVID-19 (Maru et al, 2020). Pada masa COVID-19 yaitu sepanjang tahun 2020-2021 berpengaruh pada proses pembelajaran di Perguruan Tinggi (Firman, 2020; Jariyah & Tyastirin, 2020). Studi pendahuluan terhadap calon guru IPA dalam menulis bahan ajar berbasis STEM-R belum menunjukkan pencapaian kualitas pada aspek materi pokok, konten dan konteks sains (Handayani et al, 2022). Dengan demikian dibutuhkan pengembangan strategi pembelajaran untuk

meningkatkan keterampilan menulis berbasis STEM-R bagi calon guru mahasiswa IPA.

UIN Bandung berposisi di kota Bandung yang berada di bawah Kementerian Agama mengikuti arahan satuan tugas COVID-19 kota Bandung. Penyelenggaraan perkuliahan dilakukan pembelajaran jarak jauh atau daring pada semester ganjil tahun akademik 2021/2022 pada masa Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat di masa COVID-19.

Pelatihan menulis bagi calon guru dapat diembedkan ke dalam perkuliahan di institusi pendidikan (Sinaga et al, 2015; Sinaga & Feranie, 2016). Hasil analisis kurikulum pada Program Studi Pendidikan Biologi terdapat mata kuliah pilihan yang dapat diembedkan pelatihan menulis tersebut pada mata kuliah pilihan Pembelajaran IPA Terpadu untuk mahasiswa calon guru di semester VII (Pendidikan Biologi, 2016). Mahasiswa calon guru dapat dilatihkan *Triple Step Writing Strategy* (TS-WS) pada mata kuliah pilihan Pembelajaran IPA Terpadu untuk menunjang keterampilan menulis bahan ajar IPA. Pada tahap perencanaan bahwa calon guru dapat merumuskan tujuan menulis dengan mengembangkan dan mengorganisasi ide. Pada tahap translasi yaitu calon guru melakukan konversi ide menjadi bentuk linguistik yang dieksternalisasi dalam bentuk teks tertulis melalui proses transkripsi. Pada proses transkripsi melibatkan pengambilan simbol ortografis, misalnya ejaan dan multimodus representasi. Tahap revisi diharapkan calon guru dapat mengevaluasi dan merevisi teks tertulis yang telah dihasilkan (Handayani et al, 2020; 2021). Skema TS-WS pada perkuliahan IPA Terpadu pada Gambar 1.



Gambar 1. Strategi Menulis Bahan Ajar STEM-R
(Sumber: Diadaptasi dari H&ayani et al., 2020)

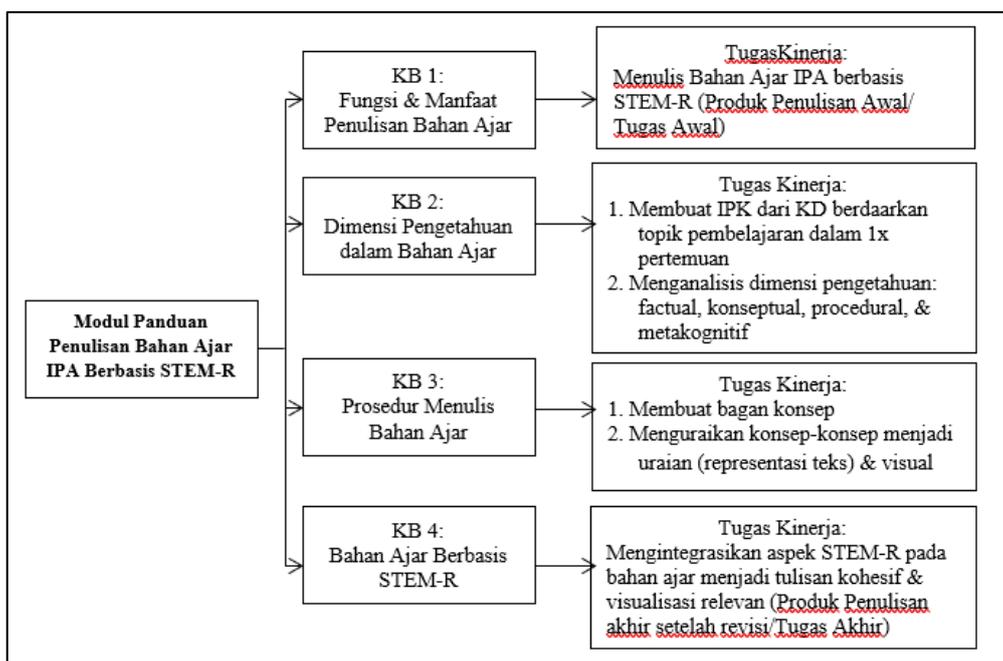
II. METODE PENELITIAN

The One Group Pre-Test & Post-Test Design menggunakan *poor* eksperimen desain merupakan desain yang melibatkan satu kelompok tunggal atau tidak ada kontrol (Fraenkel et al, 2012). *Purposive sampling* melibatkan 26 mahasiswa yang mengambil mata kuliah pilihan IPA Terpadu. Mahasiswa diberikan penugasan awal menulis bahan ajar IPA (O_1). Selanjutnya diberikan intervensi (X) menggunakan strategi TS-WS. Setelah intervensi ditugaskan merevisi bahan ajar IPA sebagai tugas akhir (O_2).

Mahasiswa\alon guru menulis bahan ajar untuk satu materi pokok menggunakan kurikulum IPA SMP/MTS tahun 2013 yang disempurnakan. Setiap mahasiswa dibagi ke dalam delapan materi penulisan bahan ajar, antara lain: Sistem Organisasi Kehidupan, Klasifikasi Mahluk Hidup;

Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan; Struktur dan Fungsi Rangka, Sendi dan Otot; Gangguan dan Upaya Menjaga Sistem Pernafasan, Sifat Fisika dan Kimia Tanah bagi Kehidupan; Genetika dan Pewarisan Sifat; dan Pembelahan Sel dan Sistem Reproduksi Manusia (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017; Handayani et al, 2022). Setiap materi terdapat tiga sampai empat mahasiswa calon guru yang menulis bahan ajar tersebut. Mahasiswa dapat berdiskusi dengan teman yang memiliki materi pokok yang sama. Setiap mahasiswa ditugaskan menulis bahan ajar IPA berbasis STEM-R pada O₁ dan merevisi bahan ajar pada O₂.

Mahasiswa diberikan modul panduan penulisan bahan ajar dan tugas kinerja keterampilan menulis bahan ajar. Modul panduan terdiri dari empat Kegiatan Belajar (KB). Gambar 2 mengenai skema modul Panduan Penulisan Bahan Ajar IPA Berbasis STEM-R. Khususnya pada Tugas kinerja pada KB empat dengan menambahkan aspek *technology* (T), *religion/agama* (R), *engineering* (E), dan *mathematics* (M) pada aspek materi IPA (S). Setiap aspek teknologi, engineering, dan matematika yang ditampilkan menggunakan representasi visual. Aspek agama dapat menyantumkan ayat-ayat Al-Quran atau Al-Hadits. Mahasiswa membuat tulisan yang kohesif sebagai revisi dari tugas bahan ajar awal (O₁) berdasarkan tugas kinerja pada kegiatan belajar dua, tiga, dan empat. Jumlah implementasi penelitian sebanyak tujuh kali pertemuan. Setiap Kegiatan Belajar berisikan penjelasan tahap-tahap menulis bahan ajar dan tugas kinerja pada Tabel 1.



Gambar 2. Skema Modul Panduan Keterampilan Menulis Bahan Ajar IPA

Untuk menjawab tujuan operasional penelitian pertama mengenai capaian keterampilan menulis bahan ajar menggunakan instrument rubrik dan skoring asesmen kinerja terhadap produk bahan ajar berbasis STEM-R. Rubrik dan skoring dapat mengasses keterampilan menulis mahasiswa (Timmerman et al, 2011). Asesmen meliputi tiga aspek, antara lain: aspek pedagogic, konten beserta multimodus representasi dan STEM-R. Rubrik dan skoring menggunakan rubric analitik antara skor 1-4 (Zainul, 2001). Tabel 2 disajikan contoh penilaian pada aspek STEM-R. Untuk menjawab tujuan operasional penelitian nomor dua mengenai kendala-kendala mahasiswa calon guru menggunakan instrument format angket pertanyaan terstruktur dalam bentuk google form dan format catatan lapangan.

Tabel 1. Pertemuan Pembelajaran

Pertemuan	Kegiatan	Sistem Aplikasi Online
1	Kontrak perkuliahan	<ul style="list-style-type: none"> • Zoom meeting • Whats App group
2	• Penjelasan KB 1	<ul style="list-style-type: none"> • Zoom meeting

Pertemuan	Kegiatan	Sistem Aplikasi Online
	• Tugas kinerja KB 1: Penulisan Bahan Ajar Awal (O ₁)	• Whats App group • Google drive
3	• Penjelasan KB 2 • Tugas kinerja KB 2	• Zoom meeting • Whats App group • Google drive
4	• Review hasil tugas KB 2 • Penjelasan KB 3 • Tugas kinerja KB 3	• Zoom meeting • Whats App group • Google drive
5	• Review hasil tugas KB 3 • Penjelasan KB 4 • Tugas kinerja KB 4	• Zoom meeting • Whats App group • Google drive
6	• Review hasil tugas KB 4 • Revisi hasil penulisan bahan ajar (O ₁) • Penugasan revisi Penulisan Bahan Ajar (O ₂) pada KB 1	• Zoom meeting • Whats App group • Google drive
7	• Produk Penulisan Bahan Ajar setelah direvisi (O ₂) • Diskusi mengenai kendala-kendala penulisan bahan ajar	• Zoom meeting • Whats App group • Google Form • Google drive

Tabel 2. Contoh Rubrik dan Skoring Mengukur Keterampilan Menulis Bahan Ajar IPA

Indikator	Skor	Deskripsi
Uraian konteks STEM-R	1	Tidak dapat dinilai karena tidak terdapat konteks STEM-R
	2	Kalimat-kalimat sulit dipahami, kurang efektif, menggunakan banyak istilah yang belum dikenal siswa, kurang memperhatikan pengetahuan awal siswa, tidak menggunakan representasi visual
	3	Kalimat-kalimat dapat dipahami meskipun kurang efektif, lebih banyak menggunakan istilah yang telah dikenal siswa, terdapat upaya untuk memperhatikan pengetahuan awal siswa dan kebutuhan belajar siswa, dan satu modus representasivisual
	4	Kalimat-kalimat mudah dipahami, efektif, lebih banyak menggunakan istilah yang telah dikenal siswa, sangat memperhatikan kebutuhan belajar siswa agar siswa memahami konteks STEM-R, Multirepresentasi visual

(Sumber: diadaptasi dari Handayani et al., 2020)

Analisis data mengenai capaian keterampilan menulis bahan ajar dengan menghitung peningkatan skor penulisan bahan ajar awal (O₁) dan akhir (O₂) (gain). Rumus yang digunakan gain ternormalisasi (n-gain) (Hake, 1998; Meltzer, 2002). Selanjutnya skor n-gain dibuat kriteria seperti yang disajikan pada Tabel 3. Data kriteria n-gain setiap mahasiswa calon guru dibuat dalam bentuk persentase (%) dan rata-rata skor n-gain.

$$n\text{-gain} = \frac{\text{skor tes akhir} - \text{skor tes awal}}{\text{skor maksimal} - \text{skor tes awal}} \quad (1)$$

Tabel 3. Skor dan Kriteria N-gain

Rerata n-g	Kriteria	Rerata n-g	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi	$g < 0,3$	Rendah
$0,7 > g \geq 0,3$	Sedang	$g = 0$	Tidak terjadi peningkatan (tetap)

(Sumber: Hake, 1998)

Untuk memperkuat analisis data capaian keterampilan menulis bahan ajar (pre-test dan post test) menggunakan uji statistic berupa uji normalitas dan uji wilxocon. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 26. Analisis data mengenai kendala-kendala mahasiswa calon guru secara deskriptif kualitatif pada angket dan catatan lapangan. Format angket berisi pertanyaan terstruktur, antara lain: 1). Kendala-kendala penulisan bahan ajar, 2). Sumber ide untuk menulis bahan ajar, 3). Kesesuaian produk bahan ajar dengan perencanaan sebelumnya, 4). Urgensi produk bahan ajar, 5). Rekomendasi dari mahasiswa calon guru.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Capaian keterampilan menulis bahan ajar berupa peningkatan bahan ajar awal dan bahan ajar akhir (n-gain) disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 menunjukkan terdapat 76% calon guru yang mengalami peningkatan n-gain baik berkriteria sedang dan rendah Berdasarkan catatan lapangan mengenai n-gain yang tetap (tidak ada peningkatan) menunjukkan bahwa skor produk awal (O₁) sudah besar yaitu skor tiga (3). Calon guru sedikit menambahkan/melengkapi/merevisi pada produk akhir bahan ajar (O₂) misalnya menambahkan visual gambar pada bahan ajar akhir (O₂).

Tabel 4. Kriteria N-Gain Secara Umum & setiap Indikator

Kriteria	Umum	Pedagogik	Konten & Multimodus Representasi	STEM-R
Tinggi	0%	4%	0%	24%
Sedang	32%	32%	20%	16%
Rendah	44%	16%	20%	0%
Tetap	24%	48%	60%	60%

Hasil pada Tabel 4 tersebut berkesesuaian dengan TS-WS yang diterapkan pada calon guru fisika yang dapat membantu menulis materi ajar fisika yang berorientasi pada karakteristik siswa yang memiliki beragam kemampuan dalam memahami materi pembelajaran (Handayani et al, 2021). Hasil penelitian lain yang berkaitan dengan multimodus representasi visual dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa secara efektif meningkatkan keterampilan menulis bahan ajar melalui scaffolding antara tahap planning dan translasi ide (Hand, et al, 2009 ; McDermott & Hand, 2013 ; Sinaga et al, 2015). TS-WS dapat mengurangi beban kognitif siswa melalui tahap-tahap menulis: pra-menulis, menulis, dan pasca menulis (Handayani et al, 2021). Pengurangan beban kognitif ini membutuhkan strategi yang tepat dalam mengurangi tumpang tindih antara proses penulisan dan produksi teks (Torrance & Galbraith, 2006; Kellogg, 2008).

Aspek terkuat yaitu STEM-R berdasarkan skor n-gain (Tabel 4). Aspek STEM-R mengalami peningkatan 24% berkriteria tinggi dan 16% berkriteria sedang. Aspek penilaian STEM-R meliputi ketepatan konteks STEM-R dan uraian konteks STEM-R. TS-WS menggunakan modul panduan penulisan bahan ajar pada kegiatan belajar empat mengenai pokok bahasan Bahan Ajar STEM-R. Berdasarkan catatan lapangan menunjukkan semua calon guru telah menyantumkan aspek *religion*, akan tetapi sebagian besar belum menyertakan keterkaitan antara aspek *religion* dengan konten IPA. Sebagian besar calon guru tidak menyantumkan aspek *technology*, *engineering* dan *mathematics* ke dalam susunan badan teks tulisan. Kondisi tersebut menyebabkan masih terdapat 60% mahasiswa yang memiliki skor n-gain tetap. Apabila terdapat mahasiswa yang menuliskan *technology* akan tetapi belum terlalu akrab dengan kehidupan siswa Sekolah Menengah Pertama, misalnya penggunaan pH meter tanah untuk mengukur derajat keasaman tanah pada materi Sifat Fisika dan Kimia Tanah. Padahal sebaiknya materi harus mudah diajarkan dan dijangkau oleh kondisi intelektual siswa. Dengan demikian, materi harus ditransformasi dan dimanipulasi terlebih dahulu (Siregar, 1998; Handayani et al, 2022).

Calon guru seyogyanya menambahkan aspek *technology*, *religion*, *engineering*, dan *mathematics* pada aspek materi IPA. Keterampilan menulis bahan ajar berbasis STEM-R untuk mendukung keterampilan berpikir tingkat tinggi calon guru IPA. Hasil penelitian lain mengenai integrasi sains

dengan aspek *technology, religion, engineering, mathematics* bahkan dengan *arts* pada konten Biologi Terapan dapat membekali kebiasaan berpikir mahasiswa (Agustina et al, 2020b). Kondisi guru yang mengalami kesulitan dalam mengkontekstualkan sains dalam dunia nyata dan teknologi dapat terbantu dengan TS-WS berbasis STEM-R. Standar guru sains sebaiknya dapat menguasai konten IPA dan konteks IPA dan mengkaitkan IPA dengan kehidupan siswa beserta pengetahuan lainnya termasuk isu sosial, *religion*, matematika, dan teknologi (NRC, 1996; Yudianto 2005, Widodo, 2021). STEM-R yang merupakan pengembangan dari STEM melalui pembiasaan nilai-nilai STEM pada pembelajaran dapat meningkatkan sikap, kepercayaan diri, ketahanan diri, motivasi diri, dan mengarahkan diri sendiri pada siswa (Zollman, 2012; Ridwan et al, 2017; Agustina et al, 2018). Dengan demikian STEM-R dapat berkesesuaian dengan standar guru IPA dan standar pendidikan nasional seperti yang tercantum pada peraturan pemerintah no 57 tahun 2021 untuk menghasilkan peserta didik yang dapat mengembangkan potensi dirinya, kekuatan spiritual, karakter dan keterampilan untuk menghadapi tantangan global.

Aspek pedagogic menempati posisi kedua pencapaian kriteria n-gain (Tabel 4). Penilaian aspek pedagogic meliputi kesesuaian materi ajar dengan kompetensi dasar dan indicator pencapaian kompetensi, kedalaman materi ajar, dan keruntutan materi ajar. Mahasiswa calon guru dapat menulis materi sesuai dengan standar kurikulum 2013 yang disempurnakan. Keruntutan penjabaran materi IPA diawali dari fakta menuju kepada konsep yang sudah dikenal atau sudah dipelajari siswa. Selanjutnya menjelaskan konsep yang belum dikenal dan akan dipelajari oleh siswa. Catatan lapangan menunjukkan sebagian besar tulisan mahasiswa sudah cukup dalam kedalaman materi pada produk bahan ajar akhir (O₂). Mahasiswa menulis dengan memulai dari konsep yang belum dikenali siswa ke konsep yang baru yang lebih kompleks. Hal tersebut ditunjang dengan modul panduan penulisan bahan ajar pada kegiatan belajar dua, terdiri dari: pokok bahasan dimensi pengetahuan bahan ajar dan tugas kinerja penulisan indicator pencapaian kompetensi dan menganalisis dimensi pengetahuan. Mahasiswa menganalisis dimensi pengetahuan, antara lain: faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif pada materi IPA. Penulisan indikator pencapaian kompetensi dan menganalisis dimensi pengetahuan dapat membantu calon guru menulis bahan ajar secara berurutan dan memfasilitasi belajar siswa. Pada tahap perencanaan akan menuntun seorang penulis untuk mengekstrasi informasi dari lingkungan sekitarnya melalui pencarian konten. Kondisi tersebut mempengaruhi *long term memory* calon guru (Limo & Alves, 2018; Handayani et al, 2021). Akan tetapi, masih ditemukan 12% mahasiswa yang menulis dengan tidak mengawali konsep dari yang dikenal oleh siswa. Kondisi tersebut menandakan mahasiswa masih belum memperhatikan keruntutan materi ajar. Padahal seyogyanya seorang guru menguraikan materi dari pengetahuan faktual menuju konseptual (Anderson & Krathwohl, 2010; Handayani et al, 2022). Tulisan bahan ajar sebaiknya merunut dari fakta menuju konsep yang sudah dikenal/sudah dipelajari oleh siswa. Hal tersebut bertujuan untuk mempermudah siswa belajar. Siswa sebaiknya dibiasakan untuk berpikir merunut. Umumnya, siswa Sekolah Menengah Pertama berada pada usia di atas 11 tahun yang berada pada fase yang ditandai dengan perpindahan cara berpikir kongkret ke berpikir abstrak (Dahar, 1989; Lawson, 1994). Guru akan berusaha menyajikan materi untuk mengadaptasi informasi baru ke struktur kognitif siswa yang telah ada (Tawil & Liliyasi, 2018). Dengan demikian, penulisan bahan ajar sebaiknya dimulai dari konsep yang dikenal oleh siswa untuk menyesuaikan dengan perkembangan berpikir siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP).

Aspek yang terlemah yaitu penguasaan konten dan multimodus representasi (Tabel 4). Aspek penilaian, antara lain: ketepatan penjabaran materi IPA, kuantitas, keakuratan, kelengkapan representasi visual, dan keterpaduan uraian materi IPA. Berdasarkan catatan lapangan menunjukkan sebagian besar tulisan calon guru menggunakan representasi visual akan tetapi kelengkapan representasi belum proposional dan belum lengkap, misalnya gambar masih sulit dibaca, gambar yang masih berteks bahasa Inggris, tabel tidak dilengkapi dengan judul dan satuan. Di samping itu, materi bahan ajar masih sulit dimengerti oleh siswa SMP. Tidak semua modus representasi visual dirujuk pada tubuh tulisan. Kondisi tersebut seperti yang terjadi pada penelitian Handayani et al (2021) bahwa mahasiswa baru mencapai keterampilan merepresentasikan kembali (*re-*

representation). Penulisan representasi visual memiliki tantangan nyata menggunakan berbagai bahasa symbol dan ciri khusus (Eilam, 2014). Kegiatan menulis membutuhkan multiple representasi dengan dibatasi *working memory*. Calon guru diharuskan membaca teksbook terlebih dahulu supaya memperbaiki konten pada tulisan (Breetvelt et al, 1996; Kellog, 2008). Di samping itu, strategi penting pada keterampilan menulis bahan ajar yaitu dengan cara merevisi produk tulisan calon guru dan kegiatan membaca (Sinaga & Feranie, 2016).

Untuk memperkuat hasil n-gain dilakukan uji statistic pada Tabel 5. Hasil uji normalitas memberikan hasil yang tidak normal sehingga dilanjutkan uji Wilcoxon. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0.05. Nilai tersebut diinterpretasi bahwa terdapat perbedaan signifikan antara produk bahan ajar awal (O₁) dan produk bahan ajar akhir (O₂) secara umum. Apabila dirinci pada setiap aspek baik pedagogic, konten beserta multimodus representasi, dan STEM-R menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara bahan ajar awal dan bahan ajar akhir. Hal tersebut menunjukkan bahwa strategi TS-WS berpengaruh terhadap keterampilan menulis bahan ajar IPA baik secara umum dan setiap aspek keterampilan menulis.

Tabel 5. Hasil Uji Statistik

No	Kondisi	Uji Kolmogorov-Smirnov	Interpretasi	Uji Wilcoxon Z	Asymp. Sig. (2-tailed) *)	Interpretasi
1	Pretest	0.003	Tidak normal	-3,932 ^b	0.000	Berbeda signifikan
	Postest	0.101	Normal			
2	Pretest	0.001	Tidak normal	-3,250 ^b	0,001	Berbeda signifikan
	Postest	0.046	Tidak Normal			
3	Pretest	0.000	Tidak Normal	-2,825 ^b	0.005	Berbeda signifikan
	Postest	0.001	Tidak Normal			
4	Pretest	0.000	Tidak Normal	-2,859 ^b	0.004	Berbeda signifikan
	Postest	0.000	Tidak Normal			

Keterangan: *) Taraf signifikansi(α) = 0.05

Nomor: 1. Umum 2. Pedagogik 3. Konten dan Multimodus Representasi 4. STEM-R

Untuk menjawab pertanyaan operasional penelitian nomor dua mengenai kendala-kendala mahasiswa berdasarkan analisis hasil angket dan catatan lapangan, sebagai berikut: Pernyataan pertama mengenai kendala-kendala mahasiswa menunjukkan bahwa 96% mahasiswa mengalami kendala penulisan bahan ajar IPA berbasis STEM-R. Alasan-alasan yang dikemukakan, antara lain: mahasiswa belum terbiasa menulis bahan ajar sehingga mengalami kesulitan mengaplikasikan aspek STEM-R ke dalam materi, kesulitan mencari sumber referensi yang relevan, kesulitan untuk mengelompokkan jenis pengetahuan (misalnya: prosedural dan metakognitif), kesulitan menentukan kompetensi dasar dan Indikator Pencapaian kompetensi pada setiap materi, manajemen (mengatur) waktu dengan tugas perkuliahan lain, dan kendala teknis lainnya. Kendala teknis pada pembelajaran daring, misalnya jaringan internet dan tidak memiliki laptop untuk mengerjakan tugas.

Pernyataan kedua mengenai jawaban sumber ide dalam menulis bahan ajar, antara lain: 27% berasal dari contoh yang diberikan oleh dosen, 42% berasal dari sumber internet dan teman, 4 % berasal dari keluarga, sisanya 27% menjawab dengan berbagai kombinasi sumber ide. Kombinasi sumber ide penulisan, misalnya mahasiswa memperoleh contoh dari dosen kemudian berdiskusi dengan teman yang memiliki tema yang sama. Pernyataan ketiga mengenai jawaban kesesuaian produk bahan ajar dengan tahap perencanaan sebelumnya, antara lain: 26% sesuai perencanaan dengan alasan perencanaan mahasiswa telah sesuai dengan arahan dosen. Contoh perencanaan diantaranya mengenai kesesuaian kompetensi inti, kompetensi dasar yang berkesesuaian dengan Indikator Pencapaian Kompetensi pada materi IPA. Sementara itu, 61% mahasiswa menjawab dengan sedikit perubahan setelah menyimak penjelasan dosen dan berdiskusi dengan teman. Sisanya menjawab 13% yang tidak berkesesuaian dengan tahap perencanaan.

Jawaban pernyataan keempat mengenai pendapat mahasiswa tentang kepentingan bahan ajar IPA menunjukkan bahwa 100% menjawab penting. Mahasiswa menyatakan bahwa bahan ajar bersifat adaptif sesuai dengan perkembangan teknologi, mendorong siswa menjadi lebih aktif, memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi, menampilkan visualisasi yang menarik dan mengajarkan siswa untuk senantiasa dekat dengan Allah SWT. Jawaban pernyataan kelima mengenai rekomendasi mahasiswa terhadap strategi TS-WS menunjukkan bahwa 44% mahasiswa memberikan rekomendasi. Mahasiswa menyarankan untuk mengerti terlebih dahulu mengenai aspek pedagogis. Penguasaan konseptual, prosedural, metakognitif, aspek kompetensi inti, kompetensi dasar, indicator pencapaian kompetensi, penguasaan konten materi, bahan ajar bersifat kontekstual. Mahasiswa berharap bahwa perencanaan bahan ajar seyogyanya secara matang. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari kebingungan saat menulis bahan ajar.

Secara umum, bahwa capaian keterampilan menulis bahan ajar pada sebagian besar mahasiswa mengalami peningkatan (*n-gain*). Strategi TS-WS berpengaruh secara signifikan terhadap keterampilan menulis bahan ajar. Apabila masih ditemukan mahasiswa yang memiliki skor *n-gain* tetap yaitu 24% berarti skor bahan ajar awal dan skor bahan ajar akhir tidak mengalami perubahan (Tabel 4). Hal tersebut dapat disebabkan oleh kendala yang dialami oleh mahasiswa selama pembelajaran daring berdasarkan analisis hasil angket dan catatan lapangan. Dengan demikian, dibutuhkan kesiapan mahasiswa dan bimbingan intensif dosen untuk melatih keterampilan menulis bahan ajar dalam kondisi pembelajaran daring. Mahasiswa dan dosen sebaiknya berkomunikasi intensif, bertukar pikiran, berbagi informasi. Pengajar memiliki peran sentral dalam pembelajaran daring. Kemudahan akses teknologi, koneksi internet, kedisiplinan, kemandirian calon guru, literasi digital, dan motivasi dibutuhkan selama pembelajaran daring (Pangondian, 2019; Firman, 2020; Maru et al, 2020; Jariyah & Tyastirin, 2020; Handayani & Jumadi, 2021).

Disisi lain, pembelajaran secara daring menggunakan system aplikasi yaitu zoom meeting, whats app group dan google drive memberikan kendala kepada mahasiswa dalam memahami langkah-langkah pada strategi TS-WS. Hal tersebut sejalan dengan berbagai penelitian mengenai pembelajaran daring. Hasil penelitian menyatakan bahwa mahasiswa mengalami kebingungan, kesulitan memahami penjelasan dosen, keterbatasan waktu dalam menyelesaikan tugas, gangguan dari lingkungan belajar dan tugas lainnya (Afnibar et al, 2020; Argaheni, 2020). Dengan demikian, keterbatasan pada penelitian ini bahwa strategi pembelajaran TS-WS menggunakan system daring dapat menyebabkan pengarahannya (penjelasan/bimbingan) dosen menjadi tidak optimal (terbatas) dalam melatih keterampilan menulis bahan ajar. Rekomendasi untuk penelitian sejenis yaitu memberikan kesempatan kepada mahasiswa calon guru untuk lebih banyak berkomunikasi dengan dosen. Dosen memberikan keleluasan waktu kepada mahasiswa untuk menulis bahan ajar dengan tetap memperhatikan kedisiplinan waktu. Mahasiswa calon guru dimotivasi untuk bersungguh-sungguh dalam menulis bahan ajar karena bahan ajar sebagai bentuk komunikasi tertulis antara guru dan siswa (Handayani et al, 2021). Dosen dan mahasiswa bersama-sama mencari penyelesaian dalam menghadapi kendala akses jaringan, teknologi dan gangguan belajar lainnya.

Penulisan bahan ajar merupakan bagian kompetensi profesional guru. Mahasiswa calon guru sebaiknya dilatihkan untuk membuat bahan ajar. Sejalan dengan penelitian Aries et al. (2020) bahwa penting bagi peserta didik yang belum terbiasa dengan tugas menulis untuk dibiasakan dengan kegiatan menulis. Penulisan bahan ajar memperhatikan aspek-aspek pengembangan bahan ajar, antara lain: kesesuaian dengan kurikulum, kedalaman uraian materi, keruntutan penjabaran materi, ketetapan penjabaran materi, dan bahasa-ilustrasi. Seorang guru sebaiknya memperhatikan aspek pengetahuan pedagogik diantaranya mencakup pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. Guru mampu menentukan indicator pencapaian kompetensi dan tujuan pembelajaran, yang diturunkan dari kompetensi dasar pada materi IPA (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013; 2017; Tawil & Liliarsari, 2018).

Kedalaman uraian materi sebaiknya memenuhi kecukupan (*adequacy*) sesuai kompetensi pada kurikulum IPA SMP. Mahasiswa calon guru dapat mengintegrasikan pengetahuan konten dan pengetahuan kurikulum (Erwin et al, 2019). Hal tersebut disesuaikan dengan perkembangan peserta

didik (Anggreni, 2018). Seorang guru IPA memiliki pengetahuan mengenai kurikulum IPA dan cakupan materi ajar IPA berupa konten dan konteks IPA. Konten berarti pengetahuan mengenai keluasaan, kedalaman dan urutan penyajian. Konteks IPA berarti keterhubungan antara konten IPA dengan isu-isu sosial, *technology*, kehidupan siswa dan pengetahuan yang lain (NRC, 1996). Pengetahuan lain dapat berupa sosial, budaya, *religion* (Widodo, 2021). Dengan demikian, penulisan bahan ajar IPA berbasis STEM-R sesuai dengan konten dan konteks IPA.

Ketepatan konsep dalam bahan ajar dengan menggunakan berbagai sumber referensi yang terpercaya. Bahasan dan ilustrasi sebaiknya diperhatikan dalam pembuatan bahan ajar. Bahasa yang komunikatif sehingga mudah dimengerti oleh siswa. Gagasan utama disajikan dalam setiap paragraph. Kelengkapan visualisasi untuk memperjelas materi sekaligus dapat menarik perhatian pembaca. Penulisan bahan ajar ini dapat memberikan pengalaman aktif dan aktivitas kompleks yang membutuhkan pengetahuan menulis bagi calon guru (Graham, 2006; Pajares, 2003; Sinaga & Feranie, 2016; Widyaningrum, 2016; Anggreni, 2018).

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Strategi TS-WS meliputi tahap perencanaan, translasi, dan revisi. Panduan penulisan bahan ajar IPA berbasis STEM-R terdiri dari empat kegiatan belajar dan empat tugas kinerja. TS-WS dapat membekalkan keterampilan menulis bahan ajar pada sebagian besar mahasiswa calon guru. Kendala-kendala yang dihadapi oleh mahasiswa, antara lain: aspek pedagogik dalam menentukan indikator pencapaian kompetensi dari kompetensi dasar, menganalisis dimensi konseptual-prosedural-faktual, dan mengaplikasikan STEM-R pada penulisan bahan ajar. Pelaksanaan strategi TS-WS dalam kondisi daring membutuhkan peran sentral dosen dalam berkomunikasi intensif dengan mahasiswa, keleluasaan waktu, kedisiplinan, motivasi, penyelesaian hambatan teknologi, koneksi internet, dan kendala belajar lainnya.

4.2 Saran

Mahasiswa seyogyanya dibekalkan pengetahuan mengenai kurikulum dan aspek pedagogis. Kesiapan beserta motivasi mahasiswa melalui bimbingan intensif dari dosen untuk melatih keterampilan menulis bahan ajar dalam kondisi pembelajaran daring.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UIN Sunan Djati Bandung yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnibar, F. D., & Putra, A. (2020). Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa dalam Kuliah Online (Studi pada Mahasiswa Bimbingan Konseling Islam UIN Imam Bonjol Padang). *Al Irsyad Jurnal Bimbingan Konseling Islam*, 11(2), 187-196.
- Agustina, T.W., Muttaqin, M., Yusup, I.R., & Hartati, S. (2020a). Analisis Pemetaan Ayat-ayat Al-Qur'an pada Silabus Biologi SMA sebagai Tantangan Pendidik Abad 21, 1-17. <http://digilib.uinsgd.ac.id/30581/>.
- Agustina, T.W., Rustaman N.Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2020b). Pendekatan STREAM (Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics) Membekalkan Kebiasaan Berpikir Mahasiswa. *Edusains*, 12 (2), 283-296.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018). Plant Physiology with Mathematic & Art Religion Engineering Science & Technology Approach. *Advances in Social Science, Education & Humanities Research*, 261, 43-47.

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (eds) (2010). *A Taxonomy for Learning, Teaching, & Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objective- A Bridged Edition*. New York: Longman.
- Anggreni, A. (2018). Peningkatan Kemampuan Mahasiswa PGSD Universitas Bung Hatta dalam Mengembangkan Bahan Ajar IPA Sekolah Dasar. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 5(2), 221-230.
- Argaheni, N.B. (2020). *A Systematic Review: The Impact of Online Lectures during the COVID-19 Pandemic Against Indonesian Students*. *PLACENTUM Jurnal Ilmiah Kesehatan dan Aplikasinya*, 8(2), 99-108.
- Aries, A. I., Sinaga P., & Imansyah, H. (2020). Strategi Writing to Learn dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Representasi pada Siswa SMP. *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 1(2), 12-15.
- Barrass, R. (2000). *Scientist Must be Write, A Guide for Better Writing for Scientists, Engineers & Students*. E & FN Spon, 11 New Fetter Lane, London.
- Basham, J.D., & Marino, M.T. (2013). Underst&ing STEM Education & Supporting Students Through Universal Design for Learning. *Teaching Exceptional Children*, 45, 8-15. https://www.researchgate.net/profile/Matthew_Marino2/publication/275353986.
- Bilbokaite, R. (2009). Visualization in Science Education: The Results of Pilot Research in Grade 10. *Problems of Education in the 21st Century*, 16, 23-29.
- Breetvelt, I., Van den Bergh, H., & Rijlaarsdam, G. (1996). Rereading & Generating & Their Relation to Text Quality. An Application of Multilevel Analysis on Writing Process Data. In Rijlaarsdam, G., Van den Bergh, H. & Couzijn, M. (Eds.). *Theories, Models, & Methodology in Writing Research*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology & Engineering Teacher*, 70(1), 30-35. <https://eric.ed.gov/?id=EJ898909>.
- Cetin, S.P. & Eymur, G. (2017). Developing Students' Scientific Writing & Presentation Skills through Argument Driven Inquiry: An Exploratory Study. *Journal of Chemical Education*, A-G.
- Dahar, R.W. (1989). *Teori-teori Belajar*. B&ung: Erlangga.
- Departemen Pendidikan Nasional (2013). Undang-undang Republik Indonesia nomor 20 tahun 2003 mengenai Sistem Pendidikan Nasional.
- Eilam, B., Poyas, Y., Hashimshoni, R. (2014). Representing Visually: What Teachers Know & What They Prefer. In Eilam, B. & Gilbert, J.K (Eds). *Science Teachers' Use of Visual Representations*. Springer.
- Erwin, E., Rustmana, N.Y., Firman, H., & Ramalis, T.R. (2019). Profile of The Prospective Teacher Response to the Development of Science Communication Skills Through Physic Learning. *Journal of Physic Conference Series*, 1157, 032040, 1-6.
- Fensham, P. J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context-based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46 (8), 884-896.
- Firman (2020). Dampak Covid-19 terhadap Pembelajaran di Perguruan Tinggi. *Bioma*, 2 (1), 14-20.
- Fraenkel, J.R., Wallen, N.E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design & Evaluate Research in Education*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc..
- Giridharan, B., & Robson, A. (2011). Identifying Gaps in Academic writing of ESL Students. *Enhancing Learning: Teaching & Learning International Conference*, 1-15. <http://hdl.h&le.net/20.500.11937/11979>.
- Graham, S. (2006). Strategy instruction & the teaching of writing: A meta-analysis. In MacArthur, C.A., Graham, S. & Fitzgerald, J. (Eds.). *H&book of Writing Research*. New York: Guilford Press.

- Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thous&-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1). 64-74.
- Hand, B., Gunel, M., & Ulu, C. (2009). Sequencing Embedded Multimodal Representations in a Writing to Learn Approach to the Teaching of Electricity . *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 225–247.
- Handayani, N.A. & Jumadi (2021). Analisis Pembelajaran IPA secara Daring pada Masa P&emi COVID-19. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9 (2), 217-233.
- Handayani, W., Setiawan, W., Sinaga, P., & Suhandi, A. (2020). Pengembangan Multi-Strategi Pembelajaran Untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Sains Pada Mahasiswa Calon Guru Fisika, Disertasi Tidak Diterbitkan, Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam. Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia
- Handayani, W., Setiawan, W., Sinaga, P., & Suhandi, A. (2021). *Triple Step Writing Strategy: Meningkatkan Keterampilan Menulis Materi Ajar Multimodus Representasi pada Mahasiswa Calon Guru Fisika. Jurnal Inovasi Pendidikan IPA.*, 7(1), 47-60.
- Handayani, W., Agustina, T.W., & Firdaus, M.G. (2022). The Skill Profile of Pre-Service Science Teachers In Writing STEM-Based (Science-Technology-Religion-Engineerin-Mathematics) Science Teaching Materials. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 12(2). 253-268.
- Hanover Research (2011). *K-12 STEM Education Overview*. <http://www.hanoverresearch.com>
- Hasegawa, H. (2013). Students' Perceptions & Performances in Academic Essay Writing in Higher Education. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 1 (4), 1–14.
- Hayes, J. R., & Flower, L. (1986). Writing Research & The Writer. *American Psychologist*, 41, 1106–1113.
- Jariyah, I.A. & Tyastirin, E. (2020). Proses dan Kendala Pembelajaran Biologi di Masa P&emi Covid-19: Analisis Respon Mahasiswa. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan:e-Saintika*, 4(2), 183-196.
- Jho, H., Hong O., & Song, J. (2016). An Analysis of STEM/STEAM Teacher Education in Korea with A Case Study of Two Schools from A Community of Practice Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12 (7), 1843-1862.
- Kellogg, R.T. (2008). Training Writing Skills: A Cognitive Developmental Perspective. *Journal of writing research*, 1(1), 1-26.
- Kementrian Pendidikan & Kebudayaan (2017). *Model Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTs) Mata Pelajaran IPA*. Jakarta: Kementrian Pendidikan & Kebudayaan
- Kementrian Pendidikan & Kebudayaan (2013). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Pertama (SMP)/ Madrasah Tsanawiyah (MTS)*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Lawson, A.E. (1994). *Science Teaching & Development Thinking*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Lestari, R.D.S. (2019). Pengembangan Workbook Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) Menggunakan Multimodus Representasi Berorientasi pada Pembekalan Keterampilan Berpikir Kreatif serta Kemampuan Literasi Teknologi dan Rekayasa Siswa SMK. *Tesis*. B&ung, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Limpo, T. & Alves, R.A. (2018). Effects of Planning Strategies on Writing Dynamics & Final Texts. *Acta Psychologica*, 188, 97-109.
- Locatelli, S., Ferreira., & Arroio, A. (2010). Metavisualization: An Important Skill in The Learning Chemistry. *Problems of Education in the 21st Century*. 24, 75-83.

- Maru, M.G., Nur, S. & Fergina, L. (2020). Applying Video for Writing Descriptive Text in Senior High School in The Covid-19 Pandemic Transition. *International Journal of Language Education*, 4(3), 408-419.
- McDermott, M. A. & H&, B. (2013). The impact of embedding multiple modes of representation within writing tasks on high school students' chemistry underst&ing. *Instructional Science*, 41, 217–246
- Meltzer, D.E. (2002). The Relationship between Mathematics Preparation & Conceptual Learning Gains in Physics : A Possible “Hidden Variable” in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal Physics*, 70(12), 1259-1286.
- Mulyatiningsih, I., Suw&i, S., Setiawan, B., & Rohmadi, M. (2018). PARMi (Production, Attention, Retention, Motivation, & Innovation): An Alternative to Improving Scientific Writing Skills. *Lingua Cultura*, 12(4), 317-321.
- Mulyono, Y., Sardimi., Ayatusa'adah, & Lestariningsih, N. (2017). Implementasi Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Biologi Terintegrasi Keislaman Di Madrasah Aliyah (MA): Model Evaluasi CIPPO. *Jurnal Transformatif (Islamic Studies)*, 1(2), 247-258.
- Nair, S.M. (2018). Effects of Utilizing The STAD Method (Cooperative Learning Approach) in Enhacing Students' Deskriptive Writing Skills. *International Journal of Education & Practice*, 6(4), 239-252
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy.
- Nurdiyanti, D., Permanasari, A, Mulyani, S. & Hernani, N. (2019). Perceptions of prospective chemistry teachers about the skills of writing argument-based teaching material on voltaic cell subject. *Journal Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-6.
- Padmadewi, N. Y. & Artini, L.P. (2018). Using Scaffolding Strategis in Teaching Writing for Improving Student Literacy in Primary School. *Advances in Social Science, Education & Humanities Research*, 178, 156-160.
- Pajares, F. (2003). Self-Efficacy Beliefs, Motivation, & Achievement in Writing: A Review of The Literature. *Reading & Writing Quarterly*, 19, 139-158.
- Pangondian, R.A., Santosa, P.I., & Nugroho, E. (2019). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kesuksesan Pembelajaran Daring dalam Revolusi Industri 4.0. *Seminar Nasional Teknologi Komputer dan Sains*, 56-60. <https://seminar-id.com/seminas-sainteks2019.html>
- Pendidikan Biologi (2016). *Kurikulum Program Studi Pendidikan Biologi*. Bandung: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 16 tahun 2007 mengenai Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru.
- Peraturan Pemerintah nomor 19 tahun 2017 mengenai Guru.
- Peraturan Pemerintah nomor 57 tahun 2021 Standar Nasional Pendidikan.
- Ridwan, A., Rahmawati, Y. & Hadinugrahaningsih, T. (2017). STEAM Integration in Chemistry Learning for Developing 21st Century Skills. *MIER Journal of Educational Studies, Trends & Practices*, 7(2), 184-194.
- Sinaga, P. & Feranie, S. (2016). Enhancing Critical Thinking Skills & Writing Skills through the Variation in Non-Traditional Writing Task. *International Journal of Instruction*. 10(2), 69-84.
- Sinaga, P., Suhandi, A., & Liliarsari (2015). The Effectiveness of Scaffolding Design in Training Writing Skills Physics Teaching Materials. *International Journal of Instruction*, 8(1), 19-34.
- Siregar, N. (1998). *Penelitian Kelas: Teori, Metodologi, dan Analisis*. Bandung: IKIP Bandung Press.
- Subandi, H.M. (2010). *Mikrobiologi, Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. B&ung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Subekti, H., Herawati, S., Ibrahim, Suwono, H., Martadi, Purnomo, A.R. (2019). Challenges & Expectations towards Information Literacy Skills: Voices from Teachers' Training of

- Scientific Writing. *International Journal of Learning, Teaching & Educational Research*, 18(7), 99-114.
- Suprihatin D., Winarni, R., Saddhono, K., & Wardani, N.E. (2021). Scientific Approach to Promote Scientific Writing Skills Using Blended Learning System. *Turkish Journal of Computer & Mathematics Education*, 12(13), 762-769
- Tawil, M. & Liliarsari (2018). *Teori dan Implementasi Pembelajaran IPA*. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Timmerman, B. E.C., Strickland, D.C., Johnson, R.L., & Payne, J.R. (2011). Development of 'Universal' Rubrick for Assessing Undergraduates' Scientific Reasoning Skills Using Scientific Writing. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 36(5), 509-547.
- Torrance, M., & Galbraith, D. (2006). The Processing Demands Of Writing. In MacArthur, C., Graham, S., & Fitzgerlad, J. (Eds.). (2006). *H&book of Writing Research*. New York: Guilford
- UNESCO (2017). *Reading The Past, Writing The Future: Fifty Years of Promoting Literacy*. Paris: United Nations Educational, Scientific, & Cultural Organization.
- Vazquez, A. V., McLoughlin, K., Sabbagh, M., Runkle, A. C., Simon, J., Coppola, B. P. & Pazicni, S. (2012). Writing-to-Teach: A New Pedagogical Approach to Elicit Explanative Writing from Undergraduate Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 1025-1031
- Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2012). Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Alat Peraga IPA dengan Memanfaatkan Bahan Bekas Pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 51-56.
- Widodo, A. (2021). *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Dasar-dasar Untuk Praktik*. Bandung: Universitas Pendidikan Indoensia Press.
- Widyaningrum & Diah, A. (2016). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Aktivitas Belajar Mahasiswa pada Matakuliah Pengembangan Bahan Ajar. *Jurnal Sainstifika*, 18(1), 1-7
- Winarni, J., Zubaidah, S. & Koes H. S. (2016). STEM: Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana Universitas Negeri Malang*, 1, 976-984. <http://pasca.um.ac.id/>
- WMI Consortium. (2019). Irawan *et al* (Eds.). *Pengantar Wahyu Mem&u Ilmu*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Yudianto, S.A. (2005). *Manajemen Alam (Sains) Sumber Pendidikan Nilai*. Bandung: Mughni Sejahtera.
- Zainul, A. (2001). *Alternative Assesment*. Universitas Terbuka: Jakarta.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science & Mathematics*, 112 (1), 12-19.
- Zubaidah, S. (2019). STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, & Mathematics): Pembelajaran untuk Memberdayakan Keterampilan Abad ke-21. *Conference Paper: Seminar Nasional Matematika dan Sains, Universitas Wiralodra Indramayu*. 1-19. <https://www.researchgate.net>.