

Studi Empiris Pengaruh Project Based Learning Terintegrasi STEM Terhadap Literasi Sains dan Nalar Kritis Mahasiswa

I Gede Astawan^{1*}, Ni Made Dyan Anggreni²

^{1,2} PGSD FIP Undiksha, Singaraja, Indonesia

* I Gede Astawan / astawan@undiksha.ac.id

ABSTRAK

Abstrak yang dipersiapkan dengan baik memungkinkan pembaca untuk mengidentifikasi isi dasar dokumen dengan cepat dan akurat, menentukan relevansinya dengan minat mereka, dan dengan demikian memutuskan apakah akan membaca dokumen tersebut secara keseluruhan. Abstrak harus informatif dan cukup jelas, memberikan pernyataan yang jelas tentang masalah, pendekatan atau solusi yang diusulkan, dan menunjukkan temuan dan kesimpulan utama. Abstrak harus terdiri dari 150 hingga 250 kata. Nomenklatur standar harus digunakan dan singkatan harus dihindari. Tidak ada literatur yang harus dikutip. Daftar kata kunci memberikan kesempatan untuk menambahkan kata kunci, yang digunakan oleh layanan pengindeksan dan pengabstraksian, selain yang sudah ada dalam judul. Penggunaan kata kunci yang bijaksana dapat meningkatkan kemudahan bagi pihak-pihak yang berkepentingan untuk menemukan artikel kita.

Kata Kunci: PjBL, STEM, Literasi sains, Nalar kritis

1. PENDAHULUAN

Pendidikan sains memiliki posisi yang amat strategis dalam memberikan kontribusi terhadap kemajuan suatu bangsa. Hal ini dapat dipahami karena perkembangan sains sangat memengaruhi kemajuan teknologi. Kemajuan teknologi sebagai salah satu indikator bangsa yang maju. Namun sampai saat ini, kualitas pendidikan sains di Indonesia cenderung masih rendah. Laporan UNDP mengungkapkan bahwa *Human Development Index* (HDI) Indonesia pada tahun 2012 dan 2013 berada di peringkat 108 dari 187 negara (UNDP, 2014). HDI terbaru 2019 menempatkan Indonesia di peringkat 111 dari 189 negara (UNDP, 2019). Selain HDI, *Programme for International Student Assessment* (PISA) pada tahun 2009 menempatkan Indonesia di peringkat 10 besar, paling buncit dari 65 negara peserta PISA. Bahkan PISA terbaru tahun 2018, menempatkan Indonesia di Posisi 72 dari 78 Negara yang disurvei. PISA mengukur kemampuan siswa pada tiga bidang, yaitu matematika, sains dan literasi (Kompas.com., 2019).

Capaian HDI dan PISA tersebut cukup sebagai bukti bahwa kualitas SDM masih memprihatinkan dan memerlukan perhatian serius termasuk melakukan pembenahan dalam pembelajaran sains di era Industri 4.0. Menurut Firman (2019), diperlukan penguatan-penguatan dalam desain dan implementasi pendidikan sains pada era Industri 4.0, antara lain sebagai berikut.

- 1) Konten IPA yang dicakup dalam kurikulum IPA sekolah perlu lebih selektif hingga ke tataran konsep esensial, untuk menghindari kurikulum "sarat materi".
- 2) Merujuk pada skenario revolusi industri 4.0 di Indonesia yang dijelaskan dalam "Making Indonesia 4.0" (Kementerian Perindustrian, 2018), salah satu industri dalam bidang IPA, yaitu industri kimia menjadi salah satu sektor utama yang ditargetkan. Oleh karena itu, untuk menjalankan fungsi mengembangkan literasi baru, IPA (kimia) perlu juga dibelajarkan untuk membuat generasi muda berwawasan tentang proses industri kimia nasional dan betapa teknologi berkontribusi pada peningkatan pendapatan negara.
- 3) Peningkatan relevansi pendidikan IPA di era industri 4.0 dapat dilakukan dengan memasukkan elemen studi-studi kasus industrial terkait konsep IPA (kimia) terpilih yang dibelajarkan, termasuk *flow chart* proses industri, instalasi produksi, permesinan, pengendalian proses, pemisahan, yield, serta penanganan limbah industri kimia (Hofstein dan Kesner, 2006).
- 4) Pendidikan IPA di era industri 4.0 difungsikan secara intensif untuk mengembangkan kemahiran keterampilan abad 21 yang terdiri atas 4C, yakni berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kreativitas dan inovasi (*creativity and innovation*), kolaborasi (*collaboration*), dan komunikasi (*communication*). Oleh karena itu, pembelajaran IPA perlu memberikan peluang bagi peserta didik untuk bekerja secara kelompok berkolaboratif memecahkan masalah real (otentik) yang meminta mereka melakukan proses desain rekayasa (*engineering design process*) dalam rangka mengkreasi instalasi, kondisi, dan proses untuk memecahkan masalah yang terkait IPA dalam kehidupan sehari-hari.

- 5) Pendidikan IPA di era industri 4.0 juga perlu berkontribusi pada pengembangan keterampilan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), dalam arti bukan hanya menggunakan TIK sebagai media pembelajaran, melainkan mengintegrasikan teknologi tersebut untuk keseluruhan langkah kerja laboratorium dan penelitian IPA, termasuk *searching* informasi dari website, merekam data hasil observasi dan pengukuran, mentransformasi data ke dalam bentuk visual, membuat laporan, dan presentasi hasil penelitian.

Pendapat Firman tersebut menguatkan bahwa pembelajaran sains tidak hanya berkaitan dengan sains itu sendiri, tetapi juga perlu dikembangkan secara holistik dengan bidang lain, seperti teknologi, engineering, dan matematika. Hal ini akan dapat mengembangkan kemampuan beripikir dan literasi sains mahasiswa.

Kurikulum 2013 telah memberikan panduan bagi pendidikan dalam upaya mengembangkan literasi sains dan nalar kritis peserta didik melalui pendekatan saintifik (Kemendikbud, 2015). Tetapi, di lapangan harapan tersebut tidak sesuai dengan kenyataan, di mana pendidik kurang dapat melakukan inovasi di dalam mengimplementasi pendekatan saintifik tersebut. Padahal, pendekatan saintifik sebagai sebuah pendekatan pembelajaran perlu lebih dioperasionalkan sesuai dengan karakteristik materi yang dibelajarkan. Misalnya, dalam pembelajaran sains pendekatan saintifik dapat diterapkan dengan pembelajaran berbasis proyek dan pendidikan STEM.

Pendidikan STEM merupakan pendidikan yang menggunakan pendekatan secara holistik dengan melihat satu kesatuan antara sains, teknologi, engineering dan matematika (Panizzon, et al., 2018; Sheffield, et al., 2018). Literasi STEM sangat dibutuhkan dalam menghadapi kehidupan di abad ke 21 ini. Abad 21 ditandai dengan perubahan yang sangat pesat di bidang teknologi. Perkembangan teknologi yang sangat cepat mempengaruhi pola kehidupan masyarakat. Implikasinya adalah masa depan penuh ketidakpastian.

Pendidikan sains sudah seyogyanya direvitalisasi untuk dapat mengikuti perkembangan IPTEK. Pendidikan sains agar diarahkan untuk membekali peserta didik untuk memiliki kesiapan menghadapi perubahan yang tidak menentu. Kesiapan menghadapi masa depan dimulai dari literasi dan nalar yang dimiliki oleh peserta didik. Literasi dan nalar yang sangat menunjang seseorang dapat survive adalah Literasi sains dan nalar kritis. Literasi sains dan bernalar kritis akan menjadi pondasi bagi seseorang untuk memiliki kemampuan memecahkan masalah yang baik. Dengan demikian, pembelajaran sains harus mampu mengembangkan literasi sains dan nalar kritis peserta didik.

2. KAJIAN PUSTAKA

Literasi merupakan hal fundamental yang harus dimiliki oleh peserta didik dalam menghadapi era global untuk dapat memenuhi kebutuhan hidup dalam berbagai situasi (Yuliati, 2017). Kemendikbud (2017) menyebutkan bahwa ada enam literasi dasar yang ditetapkan oleh *World Economic Forum* pada tahun 2015. Enam literasi dasar tersebut mencakup literasi baca tulis, literasi numerasi, literasi sains, literasi digital, literasi finansial, dan literasi budaya dan kewarganegaraan. Literasi sains merupakan kunci utama untuk menghadapi berbagai tantangan pada abad XXI untuk mencukupi kebutuhan air dan makanan, pengendalian penyakit, menghasilkan energi yang cukup, dan menghadapi perubahan iklim (UNEP, 2012). Literasi sains terdiri dari kata *literatus* yang berarti melek huruf dan *scientia* yang diartikan memiliki pengetahuan. Literasi sains (IPA) diartikan sebagai pengetahuan dan kecakapan ilmiah untuk mampu mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, serta mengambil simpulan berdasar fakta, memahami karakteristik sains, kesadaran bagaimana sains dan teknologi membentuk lingkungan alam, intelektual, dan budaya, serta kemauan untuk terlibat dan peduli terhadap isu-isu yang terkait sains (OECD, 2016).

Selain literasi sains, pembelajaran sains juga mendorong peserta didik untuk memiliki nalar kritis. Nalar kritis merupakan salah satu dimensi Profil Pelajar Pancasila. Kemampuan bernalar kritis sangat penting dalam memecahkan dan menyelesaikan suatu masalah, sehingga sangat diperlukan untuk dibelajarkan kepada setiap peserta didik. Bernalar kritis didefinisikan sebagai proses pengetahuan dalam melaksanakan analisis secara spesifik dan sistematis dari suatu masalah, kecermatan dalam membedakan masalah, dan mengidentifikasi informasi untuk merencanakan strategi pemecahan masalah (Azizah, et al., 2018). Pelajar yang bernalar kritis mampu secara objektif memproses informasi baik kualitatif maupun kuantitatif, membangun keterkaitan antara berbagai informasi, menganalisis informasi, mengevaluasi dan menyimpulkannya. Menurut Hendarman (2020), ada empat aspek bernalar kritis, yaitu 1) memperoleh dan memproses informasi dan gagasan, 2) Menganalisis dan mengevaluasi penalaran, 3) merefleksi pemikiran dan proses berpikir, dan 4) mengambil keputusan.

Pengembangan literasi sains dan nalar kritis mahasiswa dapat dilakukan melalui pembelajaran yang inovatif. Salah satu pembelajaran inovatif adalah *Project-based learning* berbasis STEM. *Project-based*

learning (PjBL) merupakan model pembelajaran yang melibatkan mahasiswa dalam kegiatan investigasi (Lam, 2012). Pembelajaran berbasis proyek, memiliki enam langkah, yaitu 1) memulai dengan pertanyaan esensial, 2) membuat rencana proyek, 3) menyusun jadwal, 4) memonitoring dan kemajuan proyek, 5) menguji dan menilai hasil, dan 6) mengevaluasi pengalaman. Sementara itu, STEM merupakan pendekatan interdisiplin pada pembelajaran, yang di dalamnya peserta didik menggunakan sains, teknologi, injiniring, dan matematika dalam konteks nyata yang mengkoneksikan antara sekolah, dunia kerja, dan dunia global, sehingga mengembangkan literasi STEM yang memungkinkan peserta didik bersaing dalam era ekonomi baru yang berbasis pengetahuan. Karakteristik utama pembelajaran berbasis STEM adalah mengintegrasikan sains, teknonogi, injiniring, dan matematika dalam melakukan pemecahan masalah nyata (Firman, 2019). Pendidikan sains memiliki posisi strategis dalam ikut ambil bagian menyiapkan generasi yang memiliki literasi STEM. Literasi STEM dapat ditumbuhkan pada diri mahasiswa melalui pembelajaran sains dengan menggunakan pendekatan STEM atau berbasis STEM (Lang, et al., 2018; Koul, et al., 2018).

3. METODE

Jenis penelitian ini adalah kuasi eksperimen. Desain eksperimen yang digunakan yaitu *non-equivalent posttest only control group design*, seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Kelas	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	X	O ₁
Kontrol	-	O ₂

(Dimodifikasi dari Gall, et al., 2003)

Keterangan:

- X = perlakuan model PjBL-STEM (Kelompok Eksperimen)
- = tanpa perlakuan/model pembelajaran konvensional (Kelompok Kontrol)
- O₁ = pengamatan setelah perlakuan kelompok eksperimen
- O₂ = pengamatan setelah perlakuan kelompok kontrol

Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa PGSD semester IV Singaraja. Jumlah kelas keseluruhannya adalah 7 kelas. Pemilihan sampel dalam penelitian ini dilakukan tanpa pengacakan individu. Cara ini dipilih karena sulit merubah kelas yang sudah terbentuk. Kelas dipilih sebagaimana telah terbentuk tanpa campur tangan peneliti. Dengan demikian, kemungkinan pengaruh-pengaruh dari keadaan subjek mengetahui dirinya dilibatkan dalam eksperimen dapat dikurangi sehingga penelitian ini benar-benar menggambarkan pengaruh perlakuan yang diberikan.

Berdasarkan karakteristik populasi dan tidak bisa dilakukannya pengacakan individu, maka pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan teknik *grup random sampling*. Teknik *grup random sampling* merupakan suatu cara pengambilan sampel secara acak, di mana sampel diambil berdasarkan kelompok (kelas) bukan individu, setiap anggota populasi atau bagian dari populasi tersebut mempunyai kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel (Soewarno, 1987). Semua populasi dari 6 kelas akan dilakukan uji kesetaraan. Kelas yang setara selanjutnya akan diundi untuk menentukan 2 kelas yang akan dijadikan sampel penelitian. Dari 2 kelas selanjutnya diundi untuk menentukan 1 kelas sebagai kelas eksperimen dan 1 kelas sebagai kelompok kontrol.

Data yang dikumpulkan adalah data nalar kritis dan literasi sains mahasiswa. Data nalar kritis dikumpulkan dengan tes nalar kritis, sedangkan data literasi sains dikumpulkan dengan tes literasi sains. Kaitan antara jenis data, metode, instrumen, dan sumber data dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jenis data, metode, instrumen, dan sumber data

Jenis Data	Metode	Instrumen	Sumber data
Nalar kritis	Tes	Tes	Mahasiswa
Literasi sains	Tes	Tes	Mahasiswa

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan nilai rata-rata dan standar deviasi, sedangkan statistik inferensial digunakan untuk menguji hipotesis. Uji hipotesis menggunakan uji MANOVA satu jalan. Sebelum melakukan analisis MANOVA satu jalan, terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi, yaitu uji normalitas dan homogenitas. Normalitas sebaran data menggunakan statistik *Kolmogrov Test* dan

Shapiro-Wilks Test (Candiasa, 2004; Hair *et al.*, 1995). Kriteria pengujian: data memiliki sebaran distribusi normal jika angka signifikansi yang dihasilkan lebih besar dari 0,05 dan dalam hal lain data tidak berdistribusi normal. Uji normalitas dapat dilakukan dengan memanfaatkan bantuan *SPSS statistics 20.0*. Uji homogenitas varians antar kelompok menggunakan *Levene's test of Equality of Error Variances* (Candiasa, 2004; Hair *et al.*, 1995).

4. TEMUAN DAN DISKUSI

4.1 TEMUAN

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis dengan MANOVA, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat. Uji prasyarat meliputi dua hal, yaitu (1) uji normalitas dan (2) uji homogenitas varians kelompok. Uji normalitas sebaran data dilakukan dengan menggunakan statistik *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk*. Data berdistribusi normal apabila angka signifikansi yang diperoleh lebih tinggi dari 0,05. Teknik analisis dilakukan dengan menggunakan program *SPSS 16.0 for Windows*. Hasil analisis normalitas menunjukkan bahwa semua data baik kelompok eksperimen maupun kontrol untuk data Kv dan KBK berdistribusi normal dengan nilai-nilai statistik *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk* menunjukkan angka-angka dengan taraf signifikansi lebih besar dari 0,05. Jadi, secara keseluruhan data terdistribusi normal.

Uji homogenitas varian antar kelompok menggunakan *Levene's Test of Equality of Error Variances*. Data memiliki varian yang sama jika angka signifikansi yang dihasilkan lebih besar dari 0,05. Teknik analisis menggunakan program *SPSS 16.0 for Windows*. Hasil analisis homogenitas varian antar kelompok model pembelajaran menunjukkan bahwa semua nilai statistik *Levene* menunjukkan angka signifikansi di atas 0,05. Hal ini berarti, varian antara kelompok model pembelajaran adalah homogen.

Untuk menguji hipotesis yang diajukan digunakan *multivariate analisis of varian* (MANOVA) satu jalur. Ringkasan hasil uji *mutivariat* dan uji MANOVA satu jalur disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Ringkasan Hasil Uji *Multivariate*

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.984	2930.299 ^b	2.000	93.000	.000
	Wilks' Lambda	.016	2930.299 ^b	2.000	93.000	.000
	Hotelling's Trace	63.017	2930.299 ^b	2.000	93.000	.000
	Roy's Largest Root	63.017	2930.299 ^b	2.000	93.000	.000
M	Pillai's Trace	.282	18.283 ^b	2.000	93.000	.000
	Wilks' Lambda	.718	18.283 ^b	2.000	93.000	.000
	Hotelling's Trace	.393	18.283 ^b	2.000	93.000	.000
	Roy's Largest Root	.393	18.283 ^b	2.000	93.000	.000

Tabel 4.2 Ringkasan Hasil uji MANOVA Satu Jalur

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	LS	3914.260 ^b	1	3914.260	35.569	.000
	NK	3480.042 ^a	1	3480.042	32.870	.000
Intercept	LS	492350.260	1	492350.260	4473.973	.000
	NK	543606.000	1	543606.000	5134.564	.000
M	LS	3914.260	1	3914.260	35.569	.000
	NK	3480.042	1	3480.042	32.870	.000
Error	LS	10344.479	94	110.048		
	NK	9951.958	94	105.872		
Total	LS	506609.000	96			
	NK	557038.000	96			
Corrected Total	LS	14258.740	95			
	NK	13432.000	95			

Berdasarkan ringkasan MANOVA satu jalur yang disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat ditarik interpretasi-interpretasi sebagai berikut. *Pertama*, berdasarkan sumber pengaruh variabel model pembelajaran (MP) terhadap variabel terikat LS, diperoleh nilai statistik $F = 35.569$ dengan angka signifikansi 0,0001. Angka signifikansi ini lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian dapat diambil keputusan sebagai berikut.

$H_0(1): \mu_1(MP_1)_{LS} = \mu_2(MP_2)_{LS}$, bahwa “tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata literasi sains antara kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan kelompok PK”, *ditolak*. Dengan kata lain,
 $H_1(1): \mu_1(MP_1)_{LS} \neq \mu_2(MP_2)_{LS}$, bahwa “terdapat perbedaan nilai rata-rata literasi sains antara kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan kelompok PK”, *diterima*. Jadi, terdapat pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) variabel PjBL-STEM terhadap variabel literasi sains.
 Jadi, variabel terikat literasi sains secara signifikan ($p < 0,05$) dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan.

Rangkuman hasil uji signifikansi perbedaan nilai rata-rata literasi sains pasangan kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan PK disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Signifikansi Perbedaan Nilai Rata-Rata Literasi Sains

Variabel terikat	(I) PP	(J) PP	μ (I-J)	SD	Sig.
Literasi sains	1.00	2.00	12.695*	1.404	.000
	2.00	1.00	-12.695*	1.404	.000

Berdasarkan Tabel 4.3, tampak perbedaan nilai rata-rata literasi sains adalah $\Delta\mu$ (LS) = 12,695 dengan standar deviasi 1,404 dan angka signifikansi 0,0001. Angka signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05. Jadi, nilai rata-rata literasi sains kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan PK berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi 0,05. Rata-rata nilai literasi sains kelompok yang diberikan PjBL-STEM secara statistik lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata kelompok yang diberikan PK. Ini berarti, terdapat perbedaan nilai rata-rata literasi sains yang signifikan antara kelompok mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan pembelajaran konvensional. literasi sains yang dicapai oleh mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan pembelajaran konvensional.

Kedua, berdasarkan sumber pengaruh variabel model pembelajaran (MP) terhadap variabel terikat nalar kritis, diperoleh nilai statistik $F = 32.870$ dengan angka signifikansi 0,0001. Angka signifikansi ini lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian dapat diambil keputusan sebagai berikut.

$H_0(2): \mu_1(MP)_{KBB} = \mu_2(MP)_{KBB}$, bahwa “tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata bernalar kritis antara kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan kelompok yang diberikan PK”, *ditolak*. Dengan kata lain,
 $H_1(2): \mu_1(MP)_{KBB} \neq \mu_2(MP)_{KBB}$, bahwa “terdapat perbedaan nilai rata-rata bernalar kritis antara kelompok PjBL-STEM dan kelompok yang diberikan PK”, *diterima*.

Jadi, variabel terikat nalar kritis secara signifikan ($p < 0,05$) dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan. Rangkuman hasil uji signifikansi perbedaan nilai rata-rata bernalar kritis kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan PK disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Signifikansi Perbedaan Nilai Rata-Rata NK

Variabel terikat	(I) MP	(J) MP	μ (I-J)	SD	Sig.
KPM	1.00	2.00	12.812*	1.823	.000
	2.00	1.00	-12.812*	1.823	.000

Berdasarkan Tabel 4, tampak perbedaan nilai rata-rata NK adalah $\Delta\mu$ (NK) = 12,812 dengan standar deviasi 1,823 dan angka signifikansi 0,0001. Angka signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05. Jadi, nilai rata-rata NK kelompok yang diberikan PjBL-STEM dan PK berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi 0,05. Rata-rata nilai NK kelompok yang diberikan PjBL-STEM secara statistik lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata kelompok yang diberikan PK. Ini berarti, terdapat perbedaan nilai rata-rata NK yang signifikan antara kelompok mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PK. NK yang dicapai oleh mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan PK.

Ketiga, dari sumber pengaruh model pembelajaran diperoleh nilai-nilai statistik *Pillai's Trace*, *Wilk's Lambda*, *Hotelling's Trace*, dan *Roy's Largest Root* masing-masing dengan $F = 18.283$ dan angka signifikansi

masing-masing 0,0001. Angka signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian dapat diambil keputusan sebagai berikut.

$H_0(3): \mu_1(MP)_{LS\&NK} = \mu_2(MP)_{LS\&NK}$, bahwa “tidak terdapat perbedaan literasi sains dan nalar kritis antara kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PjBL-STEM dan kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PK secara bersama-sama”, *ditolak*. Dengan kata lain,

$H_1(3): \mu_1(MP)_{LS\&NK} \neq \mu_2(MP)_{LS\&NK}$, bahwa “terdapat perbedaan literasi sains dan nalar kritis antara kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PjBL-STEM dan kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PK secara bersama-sama”, *diterima*.

Jadi, variasi model pembelajaran memberikan dampak berbeda serempak pada literasi sains dan nalar kritis. PjBL-STEM secara serempak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan PK terhadap literasi sains dan nalar kritis. Ini berarti, terdapat perbedaan literasi sains dan nalar kritis secara bersama-sama antara kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PjBL-STEM dan kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PK.

4.2 Diskusi

Tujuan pertama penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh pembelajaran PjBL-STEM *versus* pembelajaran konvensional (PK) untuk pencapaian literasi sains dan nalar kritis (NK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan literasi sains yang signifikan antara kelompok yang belajar dengan PjBL-STEM dan kelompok yang belajar dengan PK. Pencapaian literasi sains kelompok PjBL-STEM lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok PK. Dengan kata lain, bahwa PjBL-STEM lebih unggul dibandingkan dengan PK dalam pencapaian literasi sains. Tetapi, secara deskriptif level literasi sains mahasiswa ini belum mencapai standar keberhasilan yang memadai (masih dalam kategori tinggi).

Penelitian ini cukup konsisten dengan landasan teori yang digunakan, namun demikian terdapat dua pertanyaan mendasar yang memerlukan pembahasan lebih lanjut terkait dengan pencapaian literasi sains. Pertama, secara operasional empiris mengapa dalam pencapaian literasi sains, PjBL-STEM lebih unggul daripada PK? Kedua, mengapa secara statistik deskriptif, PjBL-STEM dalam pencapaian literasi sains belum mampu mencapai level sangat tinggi?

Pembahasan atas pertanyaan tersebut dikaji secara teoretik dan operasional empiris antara PjBL-STEM dengan PK. Dasar filosofis pembelajaran PjBL-STEM adalah paham konstruktivisme yang menyatakan bahwa pembelajar membangun pengetahuan dalam benaknya sendiri. Paham konstruktivisme juga menyatakan bahwa pembelajar telah memiliki pengetahuan awal yang mereka peroleh dari pengalaman sehari-hari dan jenjang pendidikan sebelumnya. Pendidik dapat menjembatani antara pengetahuan awal pembelajar dengan pengetahuan ilmiah yang dibelajarkan. Implementasi PjBL-STEM di kelas didesain dengan fokus pada sains yang dikaitkan dengan teknologi, enjiniring, dan matematika. Dengan demikian, mahasiswa memiliki pemahaman yang komprehensif tentang suatu kajian.

Mahasiswa menggunakan berbagai sumber informasi untuk menyelesaikan masalah. Mahasiswa melakukan kegiatan investigasi bersama teman dalam kelompoknya untuk memperoleh konsep-konsep sains yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah. Kegiatan belajar ini mampu mengoptimalkan keterlibatan pengalaman fisik, pengalaman logiko-matematik, transmisi sosial, dan pengaturan diri. Mahasiswa mendapat kesempatan untuk berpikir reflektif dan melakukan proses pembelajaran diri melalui *self-directed learning*, serta mahasiswa dapat melakukan latihan proses metakognisi. Dalam pembelajaran peran dosen sebagai fasilitator dan mediator yang memberikan tanggung jawab kepada mahasiswa untuk memperoleh sendiri konsep-konsep yang diperlukan melalui interaksi dengan anggota kelompoknya.

Pembelajaran sains dengan menggunakan PjBL-STEM yang diawali dengan pertanyaan kontekstual dan dilanjutkan dengan melakukan percobaan oleh mahasiswa dalam kelompok-kelompok kecil sampai pada penemuan fakta, teori, konsep, ataupun prinsip-prinsip sains untuk menyelesaikan masalah merupakan wahana yang baik dalam mengasah dan melatih kemampuan berpikir mahasiswa. Hal ini mendukung tercapainya pemahaman konsep secara lebih mantap, yang bermuara pada meningkatnya literasi sains mahasiswa.

Pembelajaran PjBL-STEM, memberikan kesempatan dan tanggungjawab kepada mahasiswa untuk membangun sendiri pengetahuannya dan sekaligus memanfaatkan pengetahuannya untuk menyelesaikan masalah-masalah kontekstual yang ada di sekitar lingkungannya. Hal ini membuat pembelajaran menjadi bermakna, karena mahasiswa dapat mengingat, memahami, dan menerapkan ilmu yang dipelajari, melakukan analisis, sintesis dan evaluasi terhadap segala sesuatu yang dipelajari.

Di lain pihak, pendekatan konvensional diawali dengan penyajian materi pelajaran yang terkait oleh dosen kepada mahasiswa. Teori, konsep, ataupun prinsip-prinsip sains yang diharapkan dapat dikuasai oleh mahasiswa dipaparkan terlebih dahulu di depan kelas oleh dosen. Materi sains yang menjadi fokus

belajar tidak dikaitkan dengan ilmu lainnya seperti teknologi, enjiniring dan matematika. Setelah itu, barulah mahasiswa dihadapkan pada permasalahan-permasalahan yang terkait dengan konsep yang telah dipaparkan. Pada pendekatan konvensional, dosen yang menyuguhkan permasalahan kepada mahasiswa setelah mereka diberikan informasi-informasi tentang materi pembelajaran dinilai kurang konstruktivis. Tanggung jawab mahasiswa terhadap pembelajaran dirinya sendiri menjadi kecil, sebab mahasiswa belajar hanya semata-mata karena dosen memberikan tugas kepada mahasiswa untuk mempelajari materi ajar tersebut. Hal ini akan mengurangi kemandirian mahasiswa dalam belajar untuk membentuk pengetahuannya sendiri sehingga berdampak pada kemampuan berpikir mahasiswa yang menyebabkan hasil belajar mahasiswa menjadi lebih rendah. Berdasarkan deskripsi landasan operasional teoretik tersebut, dapat dipahami bahwa PjBL-STEM lebih unggul dibandingkan dengan PK dalam pencapaian pemahaman konsep.

Persoalan terkait secara statistik deskriptif PjBL-STEM dalam pencapaian literasi sains belum dapat mencapai kategori sangat tinggi. Berdasarkan landasan teori tersebut, seyogyanya PjBL-STEM dapat diakomodasi oleh semua mahasiswa, sehingga perolehan belajar mahasiswa mencapai kriteria keberhasilan yang maksimal. Tetapi kenyataannya, nilai rata-rata literasi sains mahasiswa pada kelompok PjBL-STEM hanya berkategori tinggi dan belum mampu mencapai kategori sangat tinggi. Terungkapnya fakta seperti ini diduga kuat disebabkan oleh dua faktor.

Pertama, bertitik tolak dari landasan konseptual pembelajaran yang berorientasi konstruktivisme, bahwa mahasiswa mampu mengkonstruksi pengetahuan dengan alokasi waktu yang sifatnya pribadi. Artinya, mahasiswa berkemampuan rendah akan memerlukan waktu relatif lebih lama dalam menyelesaikan tugas-tugas yang sama dalam pembelajaran sains apabila dibandingkan dengan mahasiswa berkemampuan tinggi. Pernyataan ini didukung oleh makna dari salah satu prinsip pembelajaran IPA, menurut *National Academy of Sciences* (Nur, 2001), setiap peserta didik dapat mencapai pemahaman apabila mereka diberikan kesempatan, tetapi akan dicapai dengan cara dan pada kedalaman yang berbeda, serta kecepatan yang berbeda pula.

Kedua, para mahasiswa belum terbiasa dengan aktivitas belajar sesuai dengan tuntutan skenario pembelajaran. Interaksi antar mahasiswa berada pada level rendah, sebagai akibat kurangnya latihan-latihan khusus untuk itu. Interaksi yang terjadi justru mengakibatkan terjadinya rasa malu pada diri mahasiswa atau takut melakukan aktivitas. Di samping itu, mahasiswa belum memiliki keterampilan yang baik melakukan eksperimen/percobaan untuk memahami konsep-konsep esensial materi yang dikaji. Walaupun tidak semua mahasiswa tidak dapat meningkatkan kemampuan diskusinya secara spontan, namun minimal mereka sudah melakukan aktivitas yang diinginkan sesuai prosedur pembelajaran tersebut.

Tujuan kedua dalam penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh PjBL-STEM *versus* PK untuk pencapaian NK. Salah satu tujuan pembelajaran sains adalah mengembangkan keterampilan proses untuk menyelidiki alam sekitar, memecahkan masalah, dan membuat keputusan. Kemampuan memecahkan masalah akan dapat membuat suatu keputusan yang tepat. Untuk memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik, dibutuhkan nalar kritis yang tinggi. Berbagai hasil penelitian, menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis atau nalar kritis peserta didik dalam pelajaran sains masih rendah (Astawan, 2008; Mustika, *et al.*, 2008; Purnami, 2009).

Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat perbedaan signifikan NK antara kelompok mahasiswa yang belajar dengan PjBL-STEM dan kelompok mahasiswa yang belajar dengan PK. Pencapaian NK mahasiswa pada kelompok PjBL-STEM lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok PK. Dengan kata lain, bahwa PjBL-STEM lebih unggul dibandingkan dengan PK dalam pencapaian NK mahasiswa. Secara deskriptif, NK mahasiswa kelompok PjBL-STEM adalah tinggi.

Hasil penelitian ini, konsisten dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Yusri (2015) menunjukkan bahwa keterampilan *scientific learning* berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan siswa dalam berpikir secara kritis. Annisa (2019) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan kemampuan berpikir kreatif siswa dengan menggunakan model PBL yang berbasis STEAM pada materi asam dan basa di SMAN 11 Kota Jambi. Hasil penelitian Afriana, dkk. (2016) terkait STEM mengungkapkan bahwa Penerapan *Project Based Learning* Terintegrasi STEM dapat meningkatkan literasi sains siswa, baik pada anak laki-laki maupun anak perempuan. Siswa menyatakan senang dengan pembelajaran PjBL STEM dan memperoleh pengalaman yang sangat berkesan mengikuti tahapan pembelajaran sehingga menimbulkan motivasi dan minat dalam belajar. Utami, dkk. (2017) menyatakan bahwa dari hasil observasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep mahasiswa setelah diterapkan pembelajaran STEM-A (*Sciences, Technology, Engineering, Mathematics, and Animation*) berbasis kearifan lokal. Mahasiswa juga menjadi meningkatkan pengetahuannya terkait kearifan lokal batu

kuwung dan cara memanfaatkannya.

Hasil penelitian ini dan hasil penelitian sebelumnya cukup memperkuat keunggulan komparatif PjBL-STEM dibandingkan dengan PK. Apa kelebihan-kelebihan PjBL-STEM dibandingkan PK dalam pencapaian NK. Pada bagian awal subbab ini, telah diungkapkan bahwa NK mensyaratkan pemahaman konsep sebagai dasarnya. Pemahaman konsep yang baik, dapat mendukung berpikir kritis/nalar kritis. Jadi, pembelajaran pemahaman konsep adalah juga pembelajaran untuk keterampilan berpikir, dan pembelajaran keterampilan berpikir dapat diacu sebagai pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains.

PjBL-STEM didesain sebagai pembelajaran keterampilan berpikir. Pemahaman secara mendalam yang dicapai dari hasil interaksi antara berpikir dan materi yang terjadi, serta latihan yang dilakukan oleh peserta didik akan mewujudkan kemampuan mahasiswa pada standar aplikasi, analisis, sintesis, dan evaluasi. Artinya, terjadi transformasi pemahaman dalam pemecahan masalah nyata. Berdasarkan pemaparan tersebut, tampak bahwa PjBL-STEM cenderung lebih unggul dibandingkan dengan PK dalam pencapaian NK mahasiswa.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diuraikan menjadi tiga simpulan hasil penelitian, yaitu (1) Terdapat perbedaan nilai rata-rata literasi sains yang signifikan antara kelompok mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Literasi sains yang dicapai oleh mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. (2) Terdapat perbedaan nilai rata-rata nalar kritis yang signifikan antara kelompok mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Nalar kritis yang dicapai oleh mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. (3) Terdapat perbedaan literasi sains dan nalar kritis secara bersama-sama antara kelompok mahasiswa yang dibelajarkan dengan PjBL-STEM dan kelompok mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

PjBL-STEM secara serempak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional terhadap literasi sains dan nalar kritis. Untuk itu, para pendidik, hendaknya menggunakan PjBL-STEM dalam rangka meningkatkan literasi sains dan nalar kritis. Untuk meningkatkan keefektifan implementasi PjBL-STEM, disarankan pendidik, lebih banyak memberikan contoh yang kontekstual dengan kehidupan nyata mengkaitkan antara sains, teknologi, enjiniring, dan matematika.

6. ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Undiksha yang telah mendanai penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Abruscato, J. (1995). *Teaching Children Science*. Needham Heights: A Simon & Schuster Company.
- Afriana, J., Permanasari, A., dan Fitriani, A. (2016). Penerapan *Project Based Learning* Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2 (2). 202-212.
- Anggraena, Y., Sufyadi, S., Maisura, R., Chodidjah, I., Takwin, B., Cahyadi, S., Felicia, N., Gazali, H., Wijayanti, M. A., Khoiri, H. M., Matakupan, S. J., Siantajani, Y., & Kurnianingsih, S. (2020). *Kajian Pengembangan Profil Pelajar Pancasila Edisi 1*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Azizah, M., Sulianto, J., & Cintang, N. (2018). Analysis of Critical Thinking Skills of Elementary School Students in Learning Mathematics Curriculum 2013. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 61–70.
- Amien, M. (1987). *Mengajarkan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dengan Menggunakan Metode Discovery dan Inkuiry*. Jakarta: Depdikbud.
- Annisa, R. (2019). *Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa dengan Menggunakan Model Project Based Learning Berbasis STEAM (Science, Technology, Enginnering, Art, dan Mathematic) pada Materi Asam dan Basa di SMAN 11 Kota Jambi*. Tesis. Universitas Jambi.
- Candiasa, I M. 2004. *Statistik Multivariat Dilengkapi Aplikasi dengan SPSS*. Singaraja: Unit Penerbitan IKIP Negeri Singaraja
- Carin, A. (1993). *Teaching Modern Science*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Colette, A.T. (1994). *The in The Middle and Secondary Schools*. New York: Macmillan Publishing Company.

- Filsaime, D. K. (2008). *Menguak Rahasia Berpikir Kritis dan Kreatif*. Jakarta: PT. Prestasi Pustakarya.
- Firman, H. (2019). Pembelajaran Kimia bagi Generasi Z di Era Industri 4.0, Makalah Seminar Nasional "Revolusi Belajar Generasi Z Menyongsong Industri 4.0" FKIP Universitas Bengkulu, 11 Februari 2019.
- Hair, J. E., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. 1995. *Multivariate data Analysis*. Firth Edition. Prentice-Hall International, Inc
- Hendarman, 2020. Mengembangkan SDM unggul melalui Profil pelajar pancasila. *Makalah*. Disampaikan pada acara Diskusi Kelompok Terpumpun (DKT) Bersama Gurut dan Tenaga Kependidikan Berdedikasi, diselenggarakan oleh Pusat Penguatan Karakter, Hotel Sultan: 14 Desember 20
- Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial chemistry and school chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1017-1039.
- Kemendikbud. (2015). *Panduan Penilaian Untuk SD*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kemendikbudristek. (2021). *Merdeka Belajar Episode Kesembilan Belas: Rapor Pendidikan Indonesia*.
- Kompas.com. (2019). Daftar lengkap skor pisa 2018, kemampuan baca berapa skor indonesia? Tersedia pada: <https://edukasi.kompas.com/read/2019/12/07/09141971/daftar-lengkap-skor-pisa-2018-kemampuan-baca-berapa-skor-indonesia?page=all>, Diakses tanggal 7 Februari 2020.
- Lestari, A. C., & Annizar, A. M. (2020). Proses Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah PISA Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Komputasi. *Jurnal Kiprah*, 8(1), 46-55.
<https://doi.org/10.31629/kiprah.v8i1.2063>
- Lang, C., Powell, G., Ibrahim, F. and Moore, N. (2018). Connecting Teachers, Students and Pre-Service Teachers to Improve STEM Pathways in Schools. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(8), 45-66.
- Marzano, R.J., Brandt, R.S., Hughes, C.S., Jones, B.F., Presseisen, B.Z., Rankin, S.C., & Suhor, C. (1988). *Dimensions of thinking: A framework for curriculum and instruction*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Mehrens, W. A., & Lehmann, I. J. 1973. *Measurement and evaluation in education and psychology*. New York: Rinehart and Winston
- Munandar, S. C. U. (1997). Urgensi Pengembangan Kreativitas Anak Sejak Dini. *Makalah*. Disajikan dalam Seminar dan Lokakarya Nasional Model Pengajaran dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kreatif dan Kritis Siswa Menyongsong Era Globalisasi Tanggal 8 sampai dengan 11 Desember 1997 di IKIP Semarang.
- Mudzakir, L. (2020). Hubungan Mindset Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik Sma Pada Konsep Karakteristik Gelombang Mekanik. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Panizzon, D., Geer, R., Paige, K., O'Keeffe, L., Schultz, L., Zeegers, Y. and Brown, L. (2018). Exploring the 'Hard Facts' around STEM in Australia: Females, Low Socioeconomic Status and Absenteeism. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(8), 30-44.
- Permanasari, A. (2016). *STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains*. *Seminar Nasional Pendidikan Sains "Peningkatan Kualitas Pembelajaran Sains dan Kompetensi Guru melalui Penelitian & Pengembangan dalam Menghadapi Tantangan Abad-21"* Surakarta, 22 Oktober 2016.
- Peraturan Mendikbud Nomor 57 Tahun 2014 Pasal 5 Ayat 2 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Dasar/MI.
- Rekha Koul, R., Fraser, B. J. and Nastitia, H. (2018). Transdisciplinary Instruction: Implementing and Evaluating a Primary-School STEM Teaching Model. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(8), 17-29.
- Sani, R. A. (2018). *Pembelajaran Sainifik untuk Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Sinar Grafika Offset.
- Santyasa, I W. 2004. Pengaruh model dan seting pembelajaran terhadap remediasi miskonsepsi, pemahaman kosep, dan hasil belajar siswa pada siswa SMU. *Disertasi* (tidak diterbitkan). Universitas Negeri Malang Program Pasca Sarjana Program Studi Teknologi Pembelajaran
- Sheffield, R., Koul, R., Blackley, S., Fitriani, E., Rahmawati, Y. and Resek, D. (2018). Transnational Examination of STEM Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(8), 67-80.
- Suastra, I W., Tika, I N., & Kariasa, I W. (2007). Pengembangan model pembelajaran IPA bagi pengembangan kemampuan berpikir kreatif siswa sekolah dasar. *Laporan Penelitian Penelitian Hibah Bersaing*. UNDIKSHA Singaraja.
- Tritiyatma, dkk. (2016). *Keterampilan Abad 21 dan STEAM Project dalam Pembelajaran Kimia*. Jakarta: LPPM UNJ.

- Tursinawati. (2016). Penguasaan konsep hakikat sains dalam pelaksanaan percobaan pada pembelajaran IPA di SDN Kota Banda Aceh. *Jurnal Pesona Dasar*. 2 (4), 72 – 84.
- UNDP. (2014). *Statistics of the human development report*.
<http://hdr.undp.org/en/statistics/>, Diakses Jumat, 23 Januari 2016.
- UNDP. (2019). 2019 Human Development Index Ranking. Tersedia pada:
<http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>, Diakses tanggal 7 Februari 2020.
- Utami, I. S., Septiyanto, R. F., Wibowo, F. C., dan Suryana, A. (2017). Pengembangan STEM-A (*Science, Technology, Engineering, Mathematic and Animation*) Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuN*