

Analisis Keterampilan Praktik Ilmiah Siswa dalam Pembelajaran IPA SMP berciri Inkuiri Induktif

Muhamad Arif Mahdiannur^{1)*}

¹⁾Universitas Negeri Surabaya

*muhamadmahdiannur@unesa.ac.id

Abstrak: Pembelajaran berciri inkuiri telah mendominasi aktivitas belajar IPA di sekolah secara internasional. Pengembangan budaya ilmiah telah menjadi salah satu tujuan pendidikan IPA yang ditandai dengan keterampilan praktik ilmiah yang menekankan pada indikator keterampilan manipulatif/psikomotor dan keterampilan proses sains. Studi ini berusaha untuk menemukan, mengungkap, dan menganalisis atribut-atribut keterampilan praktik ilmiah dalam pembelajaran IPA dengan pendekatan inkuiri induktif terbimbing sebagai intervensi. Studi ini menerapkan pendekatan pra-eksperimen pada skala mikro dengan mengutamakan *classroom natural setting*. Partisipan yang terlibat dalam studi ini sebanyak 30 orang siswa kelas VII SMP. Proses belajar-mengajar di kelas disesuaikan dengan tahapan pendekatan inkuiri induktif terbimbing. Pengukuran atas performa siswa dilakukan secara langsung saat unjuk kerja, maupun tidak langsung berdasarkan jawaban partisipan di lembar kerja. Berdasarkan hasil data hasil keterampilan praktik ilmiah serta analisis pola transisi respons (retensi, gain, dan loss), studi ini mengonfirmasikan bahwa pendekatan inkuiri induktif terbimbing dapat mengenalkan dan meningkatkan keterampilan praktik ilmiah siswa. Kemampuan siswa untuk memanipulasi objek yang diteliti sesuai prosedur eksperimen, mengembangkan hipotesis tentatif, dan memprediksi berdasarkan data hasil eksperimen perlu menjadi perhatian para guru IPA dalam mengembangkan perangkat pembelajaran. Meskipun ada beberapa batasan, studi ini juga membahas beberapa hal terkait pengembangan profesionalitas dan pedagogi guru IPA untuk mewujudkan budaya ilmiah dalam kelas.

Kata Kunci: Inkuiri Induktif, Keterampilan Praktik Ilmiah, Keterampilan Manipulatif/Psikomotor, Keterampilan Proses Sains, Pembelajaran IPA.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran IPA saat ini secara global didominasi oleh pendekatan sains sebagai inkuiri (Aditomo & Klieme, 2020; Bansal, 2021; Herranen & Aksela, 2019; Mutlu, 2020; Penn & Ramnarain, 2022). Proses penyelidikan yang ditranslasikan dalam sebuah metode ilmiah dalam sains, juga dijadikan sebagai “jiwa” dalam proses pembelajaran IPA di sekolah. IPA sebagai suatu bidang studi tersendiri atau mata pelajaran terpisah mulai dipelajari pada saat SMP/Sederajat. Pendekatan sains sebagai inkuiri dimaksudkan untuk mengenalkan IPA pada anak sejak usia dini, sehingga diharapkan dapat membentuk talenta calon ilmuwan di masa depan serta mengakrabkan sains di masyarakat (Fadzil & Saat, 2014; Sermsirikarnjana et al., 2017). Banyak hasil riset melaporkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri dan riset lebih sukses untuk meningkatkan pemahaman konsep dan retensi peserta didik karena memiliki potensi untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (El Masri et al., 2021; Fraser et al., 2014; Potvin & Hasni, 2014; Stage et al., 2013).

Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka masih menekankan pada penguatan tiga aspek, yakni sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Secara khusus, Capaian Pembelajaran mata pelajaran IPA SMP difokuskan pada konten materi dan keterampilan proses. Penyatuan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan merupakan komponen pokok dalam proses berpikir (Orlich et al., 2010). Walaupun demikian beberapa penelitian menunjukkan bahwa tujuan pembelajaran yang melibatkan laboratorium sering kali tidak tercapai dan banyak sesi laboratorium tidak efektif dalam hal waktu, *scaffolding*, dan fasilitas yang dirasakan oleh para siswa dan guru (Soysal, 2022; Tran et al., 2018). Para guru IPA pada umumnya masih mengajarkan dan mengomunikasikan sains hanya sekadar fakta yang tak terbantahkan, tanpa melibatkan proses-proses inkuiri sebagai penciri utama dalam sains (Öberg et al., 2022). Selain itu, permasalahan lain dalam pembelajaran berbasis inkuiri, yakni cara mengintegrasikan pertanyaan siswa ke dalam penilaian pada saat melakukan inkuiri,

adalah masalah yang lebih rumit yang membutuhkan penelitian lebih lanjut, serta siswa cenderung mengikuti algoritma tanpa menginvestasikan upaya mental yang memadai (Herranen & Aksela, 2019; Kota et al., 2019). Hal ini diperparah dengan banyaknya buku pelajaran IPA yang berisi pengukuran parameter non-manipulatif (NPM) sebagai metode ilmiah yang dominan, padahal NPM belum dapat memfasilitasi pemahaman siswa tentang keragaman metode ilmiah (Wei et al., 2022).

Gagasan inkuiri sangat beragam dan memiliki variasi interpretasi yang bermacam-macam. Inkuiri dapat diartikan dari beberapa sudut pandang, yakni level, tujuan, dan pengguna inkuiri (Herranen & Aksela, 2019). Selain itu, berdasarkan upaya siswa terkait keterampilan riset, proses sains, dan memecahkan masalah proses pembelajaran inkuiri ditentukan atas persepsi keterampilan inkuiri (Vekli, 2021). Secara umum, studi tentang persepsi keterampilan belajar inkuiri dikelompokkan dalam tiga rumpun: (1) studi yang meneliti efek dari metode dan teknik pembelajaran yang berbeda terhadap persepsi siswa tentang keterampilan belajar inkuiri pada kelompok usia yang berbeda; (2) studi di mana skala dikembangkan untuk menentukan persepsi keterampilan belajar inkuiri siswa dalam kelompok usia yang berbeda dan mengevaluasi persepsi siswa terhadap pembelajaran inkuiri; dan (3) studi untuk menguji hubungan antara persepsi siswa keterampilan belajar inkuiri dan motivasi, serta sikap terhadap sains dan prestasi akademik (Vekli, 2021). Dari sudut pandang ini, mayoritas ahli berpendapat bahwa tujuan pendidikan IPA tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan konseptual sains, tetapi juga memberi mereka kesempatan untuk mempraktikkan praktik sains dan untuk mendapatkan wawasan epistemologi tentang disiplin ilmu ke-IPA-an (Davidson et al., 2022).

Pembelajaran inkuiri telah diterima secara luas untuk mengembangkan kompetensi siswa, yakni mengajarkan siswa untuk berpikir seperti ilmuwan sehingga dapat mengembangkan pemahaman yang lebih dalam mengenai fenomena dan teori dalam sains (Arnold et al., 2014; Mutlu, 2020; Wecker et al., 2013). Proses-proses inkuiri ini berkaitan erat dengan keterampilan praktik dan proses sains (Lou et al., 2015; Orlich et al., 2010). Di sisi lain, karena interpretasi terhadap pembelajaran inkuiri beragam, maka keterampilan praktik dalam sains juga memiliki banyak variasi. Studi ini memfokuskan pada keterampilan praktik ilmiah yang mencakup keterampilan proses sains serta keterampilan manipulatif/psikomotor (Fadzil & Saat, 2014; Sheeba, 2012). Keterampilan praktik ilmiah dapat dinilai dari pengamatan langsung (DAPS) pada saat siswa melakukan aktivitas tertentu dan/atau tidak langsung dari hasil pekerjaan siswa (IAPS) (Abrahams et al., 2013; Sheeba, 2012). Keterampilan praktik ilmiah ini juga berimplikasi terhadap jenis pembelajaran berbasis inkuiri yang tepat untuk membelajarkan siswa tentang sains itu sendiri.

Inkuiri secara umum dibedakan menjadi dua kelompok utama, yakni inkuiri induktif dan inkuiri deduktif. Inkuiri induktif adalah metode pengajaran di mana guru meminta siswa untuk menyimpulkan suatu kesimpulan, generalisasi, atau pola hubungan dari sekumpulan data atau fakta (Orlich et al., 2010). Inkuiri induktif dapat didekati setidaknya dengan dua cara berbeda: terbimbing dan tidak terbimbing. Inkuiri induktif banyak digunakan di kelas dalam pembelajaran IPA dan telah dibuktikan oleh beberapa peneliti dapat menghasilkan efek belajar yang tinggi (Sokolowski, 2014). Pendekatan terbimbing lebih banyak digunakan dalam inkuiri induktif, karena inkuiri terbimbing dapat digunakan sebagai bentuk peralihan dan jembatan bagi pendekatan lainnya dalam proses pembelajaran (Herranen & Aksela, 2019). Oleh karena itu, studi ini memfokuskan pada keterampilan praktik ilmiah siswa dalam proses pembelajaran IPA SMP yang menerapkan pendekatan inkuiri induktif terbimbing.

2. METODE

Desain dan Perlakuan

Studi ini menggunakan pendekatan pra-eksperimen dengan mengutamakan *classroom natural setting*. Pendekatan *classroom natural setting* dimaksudkan untuk mendapatkan data yang utuh dari proses belajar-mengajar di kelas (Oberfoell & Correia, 2016) oleh guru pengampu dengan para siswa. Pendekatan pra-eksperimen dimaksudkan adalah persiapan perangkat pembelajaran dan lembar kerja siswa yang disesuaikan dengan ciri pembelajaran inkuiri induktif terbimbing dan keterampilan praktik ilmiah. Selain itu, sebelum proses pembelajaran dimulai dilakukan tes awal berupa uji praktik terkait keterampilan praktik ilmiah. Proses pembelajaran dikhkususkan pada konsep energi dengan menekankan energi sebagai salah satu *crosscutting concepts* dalam IPA (empat kali pertemuan). Proses pembelajaran disesuaikan dengan tahapan pendekatan inkuiri induktif terbimbing, yaitu: (1) identifikasi masalah; (2) membuat tujuan riset tentatif atau hipotesis; (3)

mengumpulkan data dan menguji hipotesis tentatif; (4) interpretasi data; (5) mengembangkan kesimpulan tentatif atau generalisasi; serta (6) menguji, menerapkan, dan merevisi kesimpulan (Orlich et al., 2010).

Sebelum dimulai proses intervensi, dilakukan diskusi dengan guru pengampu terkait skenario dan proses belajar-mengajar sesuai tahapan inkuiri induktif terbimbing. Kegiatan diskusi ini dimaksudkan agar guru pengampu benar-benar memahami proses pembelajaran yang diinginkan dan dapat memaksimalkan fasilitasi guru pada saat pembelajaran IPA untuk mengembangkan keterampilan praktik ilmiah siswa. Selain itu, hal ini dimaksudkan agar para guru mampu mengajarkan sesuai dengan “gaya” guru pengampu sehari-hari, sehingga respons dari para siswa sebagai partisipan adalah benar-benar sebagai efek dari intervensi berupa proses pembelajaran IPA dengan tahapan inkuiri induktif terbimbing. Efek ini murni sebagai *classroom natural setting*, sehingga diharapkan mampu mengembangkan keterampilan praktik ilmiah siswa dengan retensi yang lebih baik.

Partisipan

Studi ini dilakukan pada skala mikro, yakni pada satu kelas di sebuah SMP negeri. Jumlah partisipan dalam studi ini sebanyak 30 orang siswa. Kelompok partisipan ini terdiri atas 9 orang siswa laki-laki dan 21 orang siswa perempuan dengan rentang usia berkisar 13-14 tahun. Seluruh data yang dikumpulkan akan tetap dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik.

Instrumen

Studi ini difokuskan untuk mengumpulkan data tentang keterampilan praktik ilmiah siswa dalam pembelajaran IPA berciri inkuiri induktif terbimbing. Data ini dikumpulkan melalui unjuk kerja siswa sebelum dan sesudah intervensi. Kegiatan unjuk kerja difasilitasi oleh sebuah Lembar Kerja Performa Siswa (LKPS). LKPS dirancang untuk mengukur dan mengevaluasi keterampilan praktik ilmiah siswa. Indikator keterampilan praktik ilmiah dalam studi ini difokuskan dari dua aspek, yakni keterampilan manipulatif/psikomotor (KMP) serta keterampilan proses sains (KPS) (Fadzil & Saat, 2014; Sheeba, 2012). Atribut keterampilan praktik ilmiah siswa yang diukur pada LKPS dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Atribut keterampilan praktik ilmiah

Indikator	Atribut
KMP	Penggunaan peralatan laboratorium sesuai prosedur serta manipulasi objek sesuai prosedur eksperimen
KPS	Pengamatan objek yang diteliti; identifikasi variabel; pengembangan hipotesis tentatif; pengukuran dan pengumpulan data; komunikasi hasil eksperimen; prediksi berdasarkan data; serta membuat kesimpulan

Sebelum dilakukan pengambilan data, terlebih dahulu prototipe LKPS dikonsultasikan dengan dua orang ahli terkait kesesuaian isi LKPS dengan perkembangan terkini serta keterkaitan item-item tes dengan atribut keterampilan praktik ilmiah dalam pembelajaran IPA. Pendapat para ahli ini kemudian digunakan untuk memperbaiki kualitas prototipe LKPS. Prototipe LKPS ini kemudian diujicobakan kepada lima orang siswa selain partisipan untuk mengerjakan LKPS sesuai dengan alokasi waktu yang ditentukan dan tanpa melihat buku. Berdasarkan hasil uji coba awal dilakukan penyempurnaan terhadap prototipe LKPS untuk digunakan pada studi ini.

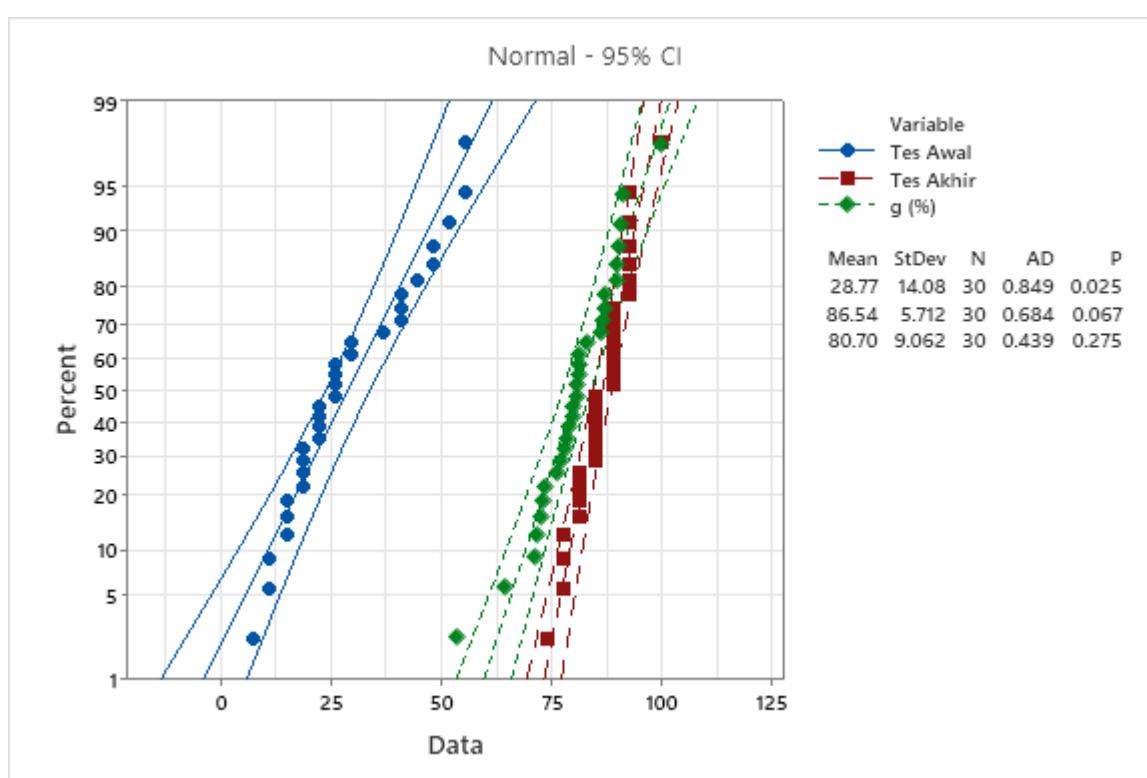
Teknik Analisis Data

Data performa siswa terkait keterampilan praktik ilmiah diukur dengan memanfaatkan dua teknik pengukuran. Teknik pengukuran tersebut merupakan kompilasi dari *Direct Assessment of Practical Skills* (DAPS) dan *Indirect Assessment of Practical Skills* (IAPS) (Abrahams et al., 2013). Indikator KMP diukur dengan teknik DAPS, sedangkan KPS diukur sesuai teknik IAPS. Agar reliabilitas pengukuran terjamin, maka dibuat rubrik penilaian yang memudah dalam menganalisis data dari LKPS. Skala penilaian yang digunakan adalah skala empat (1-4). Skor 0 menunjukkan siswa tidak mengisi atau salah dari konsep/kunci, sedangkan skor 4 menandakan respons siswa sesuai dengan indikator dan atribut dalam keterampilan praktik ilmiah. Skor skala empat kemudian dikonversi dalam skala nilai 0-100. Selain itu, data keterampilan praktik ilmiah dianalisis berdasarkan statistik deskriptif dan peningkatan ternormalisasi individu (g) dan kelompok (g). Selain itu,

diukur juga *gain* (G) dan *loss* (L) (Lasry et al., 2014). Penentuan G dan L ditentukan berdasarkan transisi jawaban tes awal dan tes akhir dengan ketentuan skor ≥ 80 dianggap sudah benar mewakili tiap atribut yang diukur. Transisi jawaban dalam studi ini berdasarkan kaidah probabilitas, yaitu: (1) jawaban salah pada tes awal dan jawaban benar pada tes akhir (WR); (2) jawaban salah pada tes awal dan pada tes akhir (WW); (3) jawaban benar pada tes awal dan tes akhir (RR); serta (4) jawaban benar pada tes awal dan jawaban salah pada tes akhir (RW). Jika G lebih besar dari L, maka bisa disimpulkan bahwa intervensi yang digunakan efektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini dilakukan dengan memperhatikan konteks bahwa pembelajaran IPA haruslah ditekankan pada keterampilan praktik ilmiah. Keterampilan praktik ilmiah berasosiasi kuat dengan pembelajaran berciri inkuiiri, termasuk pendekatan inkuiiri induktif terbimbing. Intervensi berupa pembelajaran IPA dengan pendekatan inkuiiri induktif terbimbing, dilaksanakan selama empat pertemuan dengan membahas materi berdasarkan konsep energi dari perspektif *crosscutting concepts*. Hasil sebaran data tes awal, tes akhir, dan peningkatan ternormalisasi tiap partisipan atau siswa terkait keterampilan praktik ilmiah secara umum disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Probability Plot Hasil Tes Awal, Tes Akhir, dan Peningkatan Ternormalisasi Individu

Berdasarkan data *probability plot* (Gambar 1), sebaran data tes awal keterampilan praktik ilmiah memiliki penyebaran yang lebih heterogen daripada data tes akhir. Nilai maksimum untuk tes awal sebesar 55,55 dan nilai minimum 7,41. Setelah intervensi, nilai maksimum yang bisa dicapai siswa sebesar 100 dan nilai minimum 74,07. Median sebaran data nilai tes awal dan tes akhir meningkat sebesar 61% setelah intervensi. Modus nilai tes awal sebesar 88,89 sedangkan pada tes akhir hanya pada kisaran nilai 22,22. Rerata nilai tes akhir mengalami kenaikan kurang lebih 58% dari rerata nilai tes awal siswa. Data peningkatan ternormalisasi individu partisipan secara umum berada pada kategori tinggi (80,70%). Rentang data peningkatan ternormalisasi individu cukup tinggi sebesar 53,85%, dengan median dan modus berturut-turut sebesar 80,95% dan 81,25%. Secara umum, distribusi data peningkatan ternormalisasi individu mengikuti distribusi normal ($AD = 0,439$ dan nilai $p > 0,05$). Hal ini menunjukkan walaupun distribusi data pada tes awal dan tes akhir tidak mengikuti distribusi normal, tapi peningkatan kemampuan ternormalisasi individu menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan praktik ilmiah dapat digeneralisasi secara lebih luas.

Secara lebih dalam, kajian terhadap penguasaan keterampilan praktik ilmiah siswa perlu ditinjau dari aspek indikator dan atribut keterampilan yang diukur. Ada sembilan atribut yang diukur dalam studi ini. Atribut difokuskan pada indikator KMP, sedangkan sisanya merupakan bagian dari indikator KPS. Indikator KMP difokuskan pada aspek prosedural *hands-on*, sedangkan KPS dititikberatkan pada aspek *minds-on*. Performa siswa diukur sebelum dan sesudah intervensi berdasarkan unjuk kerja menggunakan keterampilan praktik ilmiah yang dinilai secara langsung dan secara tidak langsung. Indikator KMP diukur berdasarkan DAPS, sedangkan indikator KPS lebih banyak diukur menggunakan IAPS. Detail data tentang performa keterampilan praktik ilmiah siswa disajikan di Tabel 2.

Tabel 2. Performa keterampilan praktik ilmiah siswa berdasarkan indikator asesmen

Indikator	Atribut	Mean \pm SD		$\langle g \rangle$
		Tes Awal	Tes Akhir	
KMP	Penggunaan peralatan laboratorium sesuai prosedur	$34,44 \pm 0,547$	$93,33 \pm 0,400$	0,90
	Manipulasi objek sesuai prosedur eksperimen	$20,00 \pm 0,663$	$68,89 \pm 0,249$	0,61
KPS	Pengamatan objek yang diteliti	$42,22 \pm 0,442$	$96,67 \pm 0,300$	0,94
	Identifikasi variabel	$31,11 \pm 0,573$	$90,00 \pm 0,458$	0,85
	Pengembangan hipotesis tentatif	$13,33 \pm 0,554$	$77,78 \pm 0,471$	0,74
	Pengukuran dan pengumpulan data	$33,33 \pm 0,577$	$90,00 \pm 0,458$	0,85
	Komunikasi hasil eksperimen	$24,44 \pm 0,512$	$88,89 \pm 0,471$	0,85
	Prediksi berdasarkan data	$14,44 \pm 0,496$	$76,67 \pm 0,458$	0,73
	Membuat kesimpulan	$45,56 \pm 0,482$	$96,67 \pm 0,300$	0,94

Secara umum, berdasarkan indikator KMP sebelum dilakukan intervensi, mayoritas siswa belum terbiasa menggunakan peralatan laboratorium dan manipulasi objek sesuai prosedur eksperimen. Hal ini juga sejalan dengan rendahnya pencapaian indikator KPS untuk tiap atribut ($< 50\%$). Mayoritas siswa belum dapat mengembangkan hipotesis alternatif dan memrediksi berdasarkan data. Kemampuan siswa untuk mengidentifikasi variabel, pengukuran dan pengumpulan data, serta mengomunikasikan hasil eksperimen juga masih relatif rendah. Variasi sebaran data untuk tiap atribut berdasarkan hasil tes awal juga cukup besar dan mengindikasikan penguasaan keterampilan praktik ilmiah siswa masih terfragmentasi dan belum merata. Setelah dilakukan intervensi, mayoritas siswa telah dapat menggunakan peralatan laboratorium sesuai prosedur, dan adanya peningkatan terhadap kemampuan manipulasi objek sesuai prosedur eksperimen, walaupun dengan peningkatan pada kategori medium. Hal yang sama juga terjadi pada kemampuan mengembangkan hipotesis tentatif dan memrediksi berdasarkan data hasil eksperimen yang mengalami peningkatan yang cukup baik ($> 75\%$) setelah intervensi. Mayoritas siswa mengalami peningkatan gain ternormalisasi sangat baik ($> 90\%$) pada keterampilan penggunaan peralatan laboratorium, pengamatan objek yang diteliti, dan membuat kesimpulan.

Secara khusus, pola jawaban (respons) siswa berdasarkan hasil tes awal dan tes akhir untuk memetakan pola efek intervensi yang digunakan dalam proses pembelajaran IPA. Transisi respons siswa telah mengakomodasi seluruh peluang dan potensi terhadap seluruh kemungkinan yang bisa terjadi. Transisi ini memungkinkan untuk mendeteksi pola retensi, peningkatan, atau *loss* atas kemampuan siswa sebagai efek dari intervensi (Lasry et al., 2014). Keefektifan intervensi juga diukur berdasarkan variabel $\langle g \rangle$, G, dan L. Seluruh data transisi respons serta $\langle g \rangle$, G, dan L berdasarkan hasil tes awal dan tes akhir disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase transisi respons serta persentase $\langle g \rangle$, G, dan L siswa

Data Parameter	Transisi Respons				G	L	$\langle g \rangle$
	WR	WW	RR	WR			
Keterampilan Praktik Ilmiah	86,67%	13,33%	0	0	86,67%	0	80,70%
KMP	80,00%	20,00%	0	0	80,00%	0	73,11%
KPS	90,00%	10,00%	0	0	90,00%	0	82,78%

Berdasarkan Tabel 3, transisi respons hanya muncul pada dua skenario, yakni aspek retensi dan *gain*. Aspek *gain* keterampilan praktik ilmiah, KMP, dan KPS terjadi pada mayoritas siswa ($\geq 80\%$). Walaupun demikian aspek retensi tipe WW masih terjadi walaupun kecil ($< 20\%$) untuk keterampilan praktik ilmiah, KMP, dan KPS. Peningkatan gain ternormalisasi seluruh siswa untuk keterampilan praktik ilmiah, KMP, dan KPS pada kategori tinggi. Retensi tipe WW paling besar pada indikator KMP terkait penggunaan peralatan laboratorium

dan manipulasi objek sesuai prosedur eksperimen. Perbandingan G dan L untuk keterampilan praktik ilmiah serta indikator KMP dan KPS seluruhnya memberi hasil $G > L$, yang mengindikasikan bahwa intervensi dengan pendekatan inkuiri induktif terbimbing efektif untuk mengenalkan, membelajarkan, dan meningkatkan keterampilan praktik ilmiah pada siswa. Selain itu, tidak ada *loss* yang terjadi akibat dari intervensi.

Keterampilan praktik ilmiah siswa didukung oleh dua indikator utama, yakni KMP dan KPS. Berdasarkan hasil studi diketahui bahwa indikator KMP dan KPS saling berkaitan. Pada saat kegiatan inkuiri, terdapat tiga aktivitas, yakni *cognitive engagement*, *behavioral engagement*, dan *emotional engagement* atau *hands–heads–hearts-on* (Inan & Inan, 2015; Kota et al., 2019). Kegiatan intervensi dalam studi ini adalah pembelajaran dengan menerapkan pendekatan inkuiri induktif terbimbing. Seluruh Langkah pada pendekatan inkuiri induktif terbimbing ini ditujukan untuk menyatukan seluruh proses kognitif, psikomotorik, dan sikap-emosional yang mendukung penguasaan keterampilan praktik ilmiah. Studi ini menyoroti tentang belum dibiasakan aktivitas laboratorium pada pembelajaran IPA di sekolah. Walaupun demikian, studi ini belum difokuskan pada aspek sikap-emosional siswa terhadap proses pembelajaran IPA dengan pendekatan inkuiri induktif.

Kemampuan siswa untuk memanipulasi suatu objek berdasarkan prosedur eksperimen pasti berkaitan dengan desain (variabel), pengukuran, dan pengolahan data yang terkait dengan pemahaman prosedural (Arnold et al., 2014). Siswa harus menguasai aspek KMP dan KPS secara utuh, karena penguasaan KPS memungkinkan siswa untuk melaksanakan investigasi secara sistematis. Di sisi lain, penguasaan KPM diperlukan oleh siswa agar mereka mampu menangani alat dan bahan sesuai prosedur eksperimen, sehingga hasil dari eksperimen tersebut akan diperoleh pemahaman atas suatu masalah. Rendahnya kemampuan manipulatif/psikomotor berdasarkan hasil tes awal mengindikasikan bahwa proses pembelajaran IPA selama ini masih berupa penyampaian fakta ilmiah semata. Persepsi luas tentang sains sebagai penyampai fakta yang tak terbantahkan sangat bermasalah dan hal ini masih dipedoman oleh banyak guru. Selain itu, indikator KMP tidak hanya diajarkan hanya sebagai “*doing inquiry*,” tapi juga penekanan pada aspek proses sains dan penggunaan diferensiasi metode ilmiah (Tran et al., 2018; Wei et al., 2022). Hasil studi ini juga menunjukkan bahwa membangun dan membiasakan kemampuan KMP pada siswa membutuhkan waktu dan kegiatan proses belajar yang konsisten dan berkelanjutan.

Hasil studi ini menunjukkan bahwa rendahnya keterampilan siswa dalam konsep prosedural (KMP) karena penguasaan konsep substantif yang rendah serta kurangnya penekanan pembelajaran inkuiri pada mata pelajaran IPA di sekolah. Proses pembuatan hipotesis merupakan hal yang paling sulit bagi siswa (Kuang et al., 2020). Kesulitan lain yang siswa hadapi adalah kemampuan memprediksi berdasarkan data hasil eksperimen. Tahapan pra-inkuiri seperti aspek perencanaan eksperimen sangat menentukan dalam tahapan inkuiri berbasis laboratorium yang mencakup KMP dan KPS sebagai kesatuan keterampilan praktik ilmiah (Mutlu, 2020). Selain itu, hasil riset juga mengungkapkan bahwa para siswa memiliki pemahaman yang sangat sempit tentang apa itu metode ilmiah dan sering menghubungkannya dengan pengujian hipotesis, manipulasi variabel, dan pengukuran beberapa variabel yang melibatkan pemahaman konsep tingkat tinggi (El Masri et al., 2021). Pemahaman konsep siswa yang sempit disebabkan oleh pengalaman aktivitas laboratorium yang minim, padahal pengalaman praktis dan pengetahuan konsep awal siswa sangat diperlukan dalam pembelajaran berbasis inkuiri (Kuang et al., 2020).

Berdasarkan perbandingan G dan L , diperoleh hasil bahwa pembelajaran IPA dengan pendekatan inkuiri induktif terbimbing sukses ($G > L$), sesuai perspektif keterampilan praktik ilmiah. Pendekatan inkuiri induktif terbimbing tidak hanya difokuskan pada aktivitas “*doing inquiry*” saja, tetapi juga penguatan kombinasi instruksi atau petunjuk eksplisit dan reflektif tentang proses yang berbeda dari guru serta urutan penyajian masalah dan aktivitas belajar. Pengemasan *scaffolding* dan peran guru dalam proses pembelajaran berbasis inkuiri akan memastikan bahwa siswa mengetahui metode inkuiri yang digunakan, pertanyaan ilmiah yang akan ditemui dan dijawab, prosedur yang harus diikuti untuk pengumpulan data dan bukti, serta penjelasan ilmiah berdasarkan data yang dikumpulkan (Penn & Ramnarain, 2022). Agar proses pembelajaran IPA berbasis inkuiri sukses, maka pengembangan kompetensi pedagogi guru IPA dalam mengajarkan keterampilan praktik ilmiah perlu juga diperhatikan dan ditingkatkan. Para guru IPA hendaknya perlu diberi ruang dan waktu untuk berinteraksi dengan ilmuwan secara teratur. Hal ini akan membantu para guru IPA untuk melihat para siswanya sebagai calon ilmuwan masa depan dengan beragam latar belakang dan pengalaman yang mampu berpikir dan berkolaborasi satu sama lain di kelas (Davidson et al., 2022). Selain itu, para guru juga perlu dilatih sebagai

praktisi reflektif. Sebagai seorang praktisi reflektif, para guru IPA dapat mengevaluasi cara mengajarnya secara mandiri dan dapat memberikan *scaffolding* yang sesuai relevan dalam mendukung siswa saat melakukan aktivitas inkuiri di kelas (Soysal, 2022).

4. SIMPULAN

Pembelajaran IPA dengan pendekatan inkuiri induktif terbimbing mengindikasikan mampu mengenalkan dan meningkatkan keterampilan praktik ilmiah siswa. Keterampilan praktik ilmiah harus didasari atas dua indikator, yakni keterampilan manipulatif/psikomotor dan keterampilan proses sains. Secara keseluruhan, intervensi yang dilakukan mampu meningkatkan tiap atribut yang mewakili seluruh indikator dalam keterampilan praktik ilmiah siswa. Studi ini juga memberikan wawasan bahwa beberapa kemampuan keterampilan praktik ilmiah perlu waktu untuk mengenalkan dan membelajarkannya. Beberapa kemampuan tersebut, di antaranya kemampuan memanipulasi objek, mengembangkan hipotesis tentatif, dan memrediksi berdasarkan data hasil observasi. Walaupun demikian, berdasarkan rata-rata peningkatan ternormalisasi individu berada pada kategori tinggi dan sebarannya mengikuti distribusi normal. Hal ini mengindikasikan bahwa keterampilan praktik ilmiah siswa dapat dikembangkan pada suatu proses pembelajaran berbasis inkuiri induktif. Meskipun hasil dari studi ini cukup menjanjikan, masih ada beberapa hal yang harus dilakukan untuk menguatkan klaim dari temuan dalam studi ini. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk berbagai konsep, mengingat studi ini hanya dilakukan pada materi energi untuk kelas VII SMP. Selain itu, studi ini masih dalam skala mikro yang hanya melibatkan partisipan kecil, sehingga perlu dilakukan replikasi pada kelas-kelas lain di berbagai sekolah untuk memastikan kesamaan temuan dengan melibatkan jumlah partisipan yang lebih besar. Hasil studi ini dapat menjadi pertimbangan bagi para pemangku kepentingan dalam mengembangkan program peningkatan profesionalitas guru IPA SMP. Para guru IPA SMP perlu diberi ruang dan kesempatan untuk berinteraksi dengan para ilmuwan agar memiliki pengalaman dan pemahaman tentang sains sebagai proses. Perlunya pembinaan berkesinambungan bagi guru IPA sebagai praktisi reflektif melalui kemitraan perguruan tinggi, pemerintah, masyarakat, dan organisasi profesi guru.

Daftar Pustaka

- Abrahams, I., Reiss, M. J., & Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science. *Studies in Science Education*, 49(2), 209–251. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.858496>
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—what kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Bansal, G. (2021). Indian pre-service teachers' conceptualisations and enactment of inquiry-based science education. *Education 3-13*, 49(3), 275–287. <https://doi.org/10.1080/03004279.2020.1854957>
- Davidson, S. G., Jaber, L. Z., & Southerland, S. A. (2022). Cultivating science teachers' understandings of science as a discipline. *Science & Education*, 31(3), 657–683. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00276-1>
- El Masri, Y. H., Erduran, S., & Ioannidou, O. (2021). Designing practical science assessments in England: Students' engagement and perceptions. *Research in Science & Technological Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1872519>
- Fadzil, H. M., & Saat, R. M. (2014). Exploring the influencing factors in students' acquisition of manipulative skills during transition from primary to secondary school. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 15(2), Article 3, 1-18. https://www.edu hk.hk/apfslt/v15_issue2/fadzil/index.htm
- Fraser, J. M., Timan, A. L., Miller, K., Dowd, J. E., Tucker, L., & Mazur, E. (2014). Teaching and physics education research: Bridging the gap. *Reports on Progress in Physics*, 77(3), 032401. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/77/3/032401>
- Herranen, J., & Aksela, M. (2019). Student-question-based inquiry in science education. *Studies in Science*

- Education*, 55(1), 1–36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>
- Inan, H. Z., & Inan, T. (2015). 3 H's Education: Examining hands-on, heads-on and hearts-on early childhood science education. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1974–1991. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1060369>
- Kota, S. D., Cornish, S., & Sharma, M. D. (2019). Switched on! Student and teacher engagement in an electricity practical. *Physics Education*, 54(1), 015007. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aadeee>
- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & Jong, T. (2020). Effects of providing partial hypotheses as a support for simulation-based inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 487–501. <https://doi.org/10.1111/jcal.12415>
- Lasry, N., Guillemette, J., & Mazur, E. (2014). Two steps forward, one step back. *Nature Physics*, 10(6), 402–403. <https://doi.org/10.1038/nphys2988>
- Lou, Y., Blanchard, P., & Kennedy, E. (2015). Development and validation of a science inquiry skills assessment. *Journal of Geoscience Education*, 63(1), 73–85. <https://doi.org/10.5408/14-028.1>
- Mutlu, A. (2020). Evaluation of students' scientific process skills through reflective worksheets in the inquiry-based learning environments. *Reflective Practice*, 21(2), 271–286. <https://doi.org/10.1080/14623943.2020.1736999>
- Oberfoell, A., & Correia, A. (2016). Understanding the role of the modality principle in multimedia learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 607–617. <https://doi.org/10.1111/jcal.12157>
- Öberg, G., Campbell, A., Fox, J., Graves, M., Ivanochko, T., Matsuchi, L., Mouat, I., & Welsh, A. (2022). Teaching science as a process, not a set of facts. *Science & Education*, 31(3), 787–817. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00253-8>
- Orlich, D. C., Harder, R. J., Callahan, R. C., Trevisan, M. S., & Brown, A. H. (2010). *Teaching strategies: A guide to effective instruction* (9th ed.). Wadsworth Publishing.
- Penn, M., & Ramnarain, U. (2022). South African grade 12 science students' understandings of scientific inquiry. *Science & Education*, 31(3), 635–656. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00259-2>
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Sermsirikarnjana, P., Kiddee, K., & Pupat, P. (2017). An integrated science process skills needs assessment analysis for Thai vocational students and teachers. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), Article 3, 1-25. https://www.edu hk.hk/apfslt/v18_issue2/pongsuwart/index.htm
- Sheeba, M. N. (2012). *Relation of achievement in science and certain context variables with comprehensive science process measures at the secondary school level* [University of Kerala]. <http://hdl.handle.net/10603/12780>
- Sokolowski, A. (2014). Modelling rate for change of speed in calculus proposal of inductive inquiry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(2), 174–189. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.790511>
- Soysal, Y. (2022). Middle school science teachers' discursive purposes and talk moves in supporting students' experiments. *Science & Education*, 31(3), 739–785. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00266-3>
- Stage, E. K., Asturias, H., Cheuk, T., Daro, P. A., & Hampton, S. B. (2013). Opportunities and challenges in next generation standards. *Science*, 340(6130), 276–277. <https://doi.org/10.1126/science.1234011>
- Tran, T.-B., van den Berg, E., Ellermeijer, T., & Beishuizen, J. (2018). Learning to teach inquiry with ICT. *Physics Education*, 53(1), 015003. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa8a4f>
- Vekli, G. S. (2021). What factors affect middle school students' perceptions of inquiry learning towards science? *Pedagogical Research*, 6(4), em0108. <https://doi.org/10.29333/pr/11301>

Wecker, C., Rachel, A., Heran-Dörr, E., Waltner, C., Wiesner, H., & Fischer, F. (2013). Presenting theoretical ideas prior to inquiry activities fosters theory-level knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1180–1206. <https://doi.org/10.1002/tea.21106>

Wei, B., Jiang, Z., & Gai, L. (2022). Examining the nature of practical work in school science textbooks: Coverage of the diversity of scientific methods. *Science & Education*, 31(4), 943–960. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00294-z>