

Pembelajaran Eksperimental Fermentasi Kulit Apel Fuji (*Malus domestica*) untuk Meningkatkan Literasi Halal Siswa

Soeffie Sutyawati^{1*}, Ade Yeti Nuryantini², Ucu Julita³

^{1,2}Prodi Magister Tadris IPA, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

³Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

*Corresponding Author: myabrahammar@gmail.com

Dikirim: 29-05-2026; Direvisi: 10-07-2026; Diterima: 21-07-2026

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) dalam meningkatkan literasi halal siswa. Pendekatan *pre-experimental* dengan rancangan *One-Group Pretest-Posttest Design* digunakan penelitian ini menggunakan. Sampel penelitian terdiri atas 40 siswa kelas IX I SMPN 4 Rancaekek yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Perlakuan berupa pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) yang mengintegrasikan praktikum, analisis sensorik, dan prinsip literasi halal. Data dikumpulkan melalui tes literasi halal berbentuk pilihan ganda yang diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Instrumen penelitian telah memenuhi uji validitas, reliabilitas, daya pembeda, tingkat kesukaran, dan efektivitas pengecoh. Data dianalisis menggunakan *N-Gain* untuk mengukur peningkatan kemampuan siswa, dilanjutkan dengan uji normalitas *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas *Levene's Test*, *Paired Sample t-test*, dan *Effect Size* pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai meningkat dari 54,10 pada *pretest* menjadi 74,28 pada *posttest*, dengan *N-Gain* = 0,433 (43,3%) berkategori sedang. Data berdistribusi normal (*Sig.* > α), homogen (*Sig.* = 0,621), serta menunjukkan perbedaan yang signifikan antara *pretest* dan *posttest* (*Sig.* = 0,00). Nilai *Effect Size* = 0,74 menunjukkan pengaruh sedang, sehingga pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) pada penelitian selanjutnya perlu menerapkan desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol dan jumlah sampel yang lebih besar untuk memperoleh dasar ilmiah yang lebih kuat. Selain itu, penerapannya pada berbagai materi IPA perlu dikaji guna mengevaluasi pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis, pengambilan keputusan, dan literasi halal siswa.

Kata Kunci: literasi halal; fermentasi kulit apel Fuji; Pembelajaran Eksperimen; Bioteknologi.

Abstract: Halal literacy is a key competence in science education that equips pupils to understand, analyse and determine the halal status of products based on scientific evidence. This study aims to analyse the effectiveness of an experimental lesson on the fermentation of Fuji apple (*Malus domestica*) peel in improving pupils' halal literacy. The study employed a pre-experimental approach using a One-Group Pre-test-Post-test Design involving 40 Year 9 students from Class IX I at SMPN 4 Rancaekek. Data were collected through pre-tests, observations and post-tests using instruments that had been validated for validity, reliability, discriminative power, difficulty level and distractor effectiveness. Analysis was conducted using *N-Gain*, the *Shapiro-Wilk* test, *Levene's test*, the *paired-sample t-test*, and *effect size* at a significance level of $\alpha = 0.05$. The results showed that the average score increased from 54.10 in the pre-test to 74.28 in the post-test, with an *N-Gain* of 0.433 (43.3%), categorised as moderate. The data were normally distributed (*Sig.* > α), homogeneous (*Sig.* = 0.621), and showed a significant difference between the pre-test and post-test (*Sig.* = 0.00). The *Effect Size* value of 0.74 indicates a moderate effect, thus the experimental learning on the fermentation of Fuji apple peel (*Malus domestica*) In future research, it will be necessary to employ an experimental design involving a control group and a larger sample size in order to

establish a stronger scientific basis. Furthermore, its application to various science subjects needs to be examined in order to evaluate its impact on pupils' critical thinking skills, decision-making abilities and halal literacy.

Keywords: halal literacy;fermentation of Fuji apple peel;experimental learning; biotechnology.

PENDAHULUAN

Bioteknologi merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran biologi karena berkaitan erat dengan berbagai persoalan di bidang pangan, kesehatan, lingkungan, dan keberlanjutan(Göçük, 2003) Namun, pembelajaran bioteknologi di sekolah masih sering berfokus pada penguasaan konsep dan hafalan, sehingga siswa kurang memperoleh pengalaman untuk memahami penerapannya dalam kehidupan (Anisak,H., 2025). Praktikum yang seharusnya menjadi sarana utama untuk membangun pemahaman tersebut juga belum berjalan secara optimal (Oliveira & Bonito, 2023). Kegiatan praktikum umumnya masih bersifat prosedural, terbatas pada mengikuti langkah kerja dan mengamati hasil percobaan tanpa mendorong siswa untuk menganalisis masalah, mengevaluasi dampak penerapan bioteknologi, atau menghubungkannya dengan isu sosial dan nilai-nilai yang berkembang di masyarakat (van Brederode et al., 2020). Akibatnya, praktikum belum sepenuhnya mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pengambilan keputusan yang menjadi tujuan penting pembelajaran bioteknologi (Janand et al., 2026)

Fermentasi sebagai salah satu materi bioteknologi konvensional yang memiliki relevansi yang tinggi dengan kehidupan sehari-hari dan berpotensi menjadi sarana pembelajaran yang mendukung prinsip keberlanjutan (Ariestanti et al., 2023) Melalui kegiatan fermentasi, siswa dapat mempelajari pemanfaatan limbah pertanian menjadi produk yang memiliki nilai tambah sekaligus mengaitkan konsep mikrobiologi dengan isu halal (Karahalil, 2020). Namun, salah satu isu kritis dalam produk fermentasi adalah terbentuknya etanol (alkohol) sebagai produk sampingan metabolisme mikroba, yang dalam standar halal internasional untuk produk non-alkohol harus dijaga di bawah ambang batas 0,05% (Harunaningtyas & Rohana, 2025b). Perbedaan pemahaman mengenai batas kandungan alkohol yang masih dapat ditoleransi kerap menimbulkan keraguan di kalangan masyarakat terhadap kehalalan produk fermentasi (Faizah et al., 2024). Dengan demikian, pembelajaran fermentasi tidak hanya berperan dalam mengembangkan literasi sains siswa, tetapi juga membekali mereka dengan kemampuan untuk memahami dan mengambil keputusan yang tepat terkait keamanan serta kehalalan pangan secara bertanggung jawab (Nurdin et al., 2024).

Selain aspek mikrobiologis dan kehalalan, evaluasi produk fermentasi juga memerlukan pendekatan analisis sensorik untuk mengukur penerimaan konsumen terhadap atribut fisikokimia produk seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur (Drake et al., 2023a). Analisis sensorik memungkinkan siswa untuk tidak hanya mengamati perubahan biologis selama fermentasi, tetapi juga mengevaluasi kualitas produk akhir dari perspektif konsumen yang merupakan komponen penting dalam pengembangan produk pangan halal (Harunaningtyas & Rohana, 2025a). Melalui pendekatan Inquiry Learning berbasis Experiential Learning, siswa dapat secara langsung memanipulasi kondisi fermentasi untuk meminimalkan produksi etanol sekaligus memastikan produk yang dihasilkan memiliki karakteristik sensorik yang



sesuai dengan preferensi konsumen halal (Karahalil, 2020). Integrasi analisis sensorik dalam praktikum bioteknologi juga melatih kepekaan siswa terhadap atribut produk yang tidak hanya secara ilmiah berhasil, tetapi juga diterima secara sosial dan religius (Karahalil, 2020).

Integrasi sains dan nilai-nilai agama telah banyak dikaji, seperti penelitian (Oliveira & Bonito, 2023) tentang fermentasi halal pada industri pangan, (Nurdin et al., 2024) mengenai pengembangan *Halal Science Literacy Indicator* (HSLI), (Harunaningtyas & Rohana, 2025b) tentang bioteknologi pangan halal, serta (Faizah et al., 2024) yang menganalisis kadar alkohol pada cuka buah sebagai metode pengujian halal. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada aspek konseptual atau analitis dan belum mengintegrasikan praktikum fermentasi dengan pembelajaran di sekolah. Akibatnya, siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang menghubungkan konsep bioteknologi, karakteristik produk fermentasi, dan isu sosiosaintifik halal dalam satu pembelajaran terstruktur. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya pengembangan pembelajaran yang mengintegrasikan fermentasi dan literasi halal untuk melatih pemahaman, berpikir kritis, serta pengambilan keputusan mengenai status kehalalan produk.

Kulit apel Fuji (*Malus domestica*) dipilih sebagai substrat utama dalam penelitian ini karena mengandung gula alami yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama fermentasi serta kaya akan polifenol dan pektin yang berpotensi memengaruhi aktivitas mikroba dan karakteristik produk fermentasi (Sharma et al., 2022). Pemanfaatan kulit apel yang belum termanfaatkan secara optimal tidak hanya menghasilkan produk fermentasi bernilai tambah, seperti minuman probiotik atau cuka apel, tetapi juga memberikan contoh nyata penerapan konsep keberlanjutan dan pengurangan limbah pangan (Martão et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran, penggunaan limbah organik sebagai bahan praktikum membantu siswa memahami penerapan konsep bioteknologi secara nyata sekaligus menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan (Havita et al., 2021). Selain itu, profil nutrisi kulit apel Fuji memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi pengaruh konsentrasi gula dan lama fermentasi terhadap pembentukan metabolit hasil fermentasi, termasuk etanol, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual mengenai proses fermentasi (Sharma et al., 2022).

Pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini menekankan penerapan prosedur kehalalan selama seluruh rangkaian praktikum fermentasi, mulai dari pemilihan bahan, persiapan alat, pelaksanaan fermentasi, hingga evaluasi produk yang dihasilkan. Melalui kegiatan tersebut, siswa dilatih untuk mengidentifikasi Halal Critical Control Points (HCCP) pada setiap tahapan proses serta memahami faktor-faktor yang dapat memengaruhi kualitas dan status halal produk pangan (Ibrahim et al., 2024). Praktikum tidak hanya berfungsi sebagai sarana untuk mempelajari konsep bioteknologi, tetapi juga menjadi media bagi siswa untuk menerapkan prinsip-prinsip ilmiah dalam menilai keamanan dan kehalalan produk secara sistematis (Fitriani & Prasetyo, 2023). Dengan demikian, siswa memperoleh pengalaman belajar yang mendorong terbentuknya kemampuan analitis, ketelitian dalam pengambilan keputusan, serta pemahaman yang lebih komprehensif mengenai keterkaitan antara sains, teknologi pangan, dan aspek kehalalan (Nurdin et al., 2024).



Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) yang terintegrasi dengan analisis sensorik dalam meningkatkan literasi halal siswa. Penelitian ini menggunakan desain *quasi-experiment* dengan *pretest-posttest control group design* untuk membandingkan efektivitas pembelajaran eksperimen terintegrasi dengan pembelajaran konvensional. Penelitian mengintegrasikan bioteknologi fermentasi, analisis sensorik, dan literasi halal ke dalam satu rangkaian pembelajaran yang terstruktur, sehingga siswa tidak hanya memahami proses biologis yang terjadi, tetapi juga mampu mengevaluasi kualitas dan aspek kehalalan produk secara ilmiah. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kerangka konseptual integrasi sains halal dalam pendidikan biologi. Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) yang terintegrasi dengan analisis sensorik dalam meningkatkan literasi halal siswa. Penelitian ini penting dilakukan karena pembelajaran bioteknologi di sekolah masih berfokus pada penguasaan konsep, sehingga siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang menghubungkan proses fermentasi dengan penilaian ilmiah terhadap aspek kehalalan produk pangan. Keunikan penelitian ini terletak pada integrasi praktikum fermentasi berbahan kulit apel Fuji, analisis sensorik, dan literasi halal dalam satu rangkaian pembelajaran kontekstual. Melalui pembelajaran tersebut, siswa tidak hanya mempelajari konsep bioteknologi, tetapi juga dilatih menganalisis titik kritis kehalalan (*Halal Critical Control Points*), mengevaluasi karakteristik produk, dan menentukan status kehalalannya berdasarkan bukti ilmiah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi guru dalam mengembangkan pembelajaran bioteknologi yang lebih kontekstual dan relevan dengan kebutuhan masyarakat serta perkembangan industri pangan halal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) dalam meningkatkan literasi halal siswa. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pembelajaran bioteknologi di tingkat SMP yang umumnya masih menitikberatkan pada penguasaan konsep, sedangkan penguatan literasi halal belum diimplementasikan secara optimal dalam kegiatan praktikum. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pembelajaran yang mengintegrasikan eksperimen fermentasi kulit apel Fuji dengan materi bioteknologi dan literasi halal dalam satu rangkaian aktivitas praktikum. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh alternatif pembelajaran bioteknologi yang lebih kontekstual, sekaligus dapat mendukung peningkatan literasi halal peserta didik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *pre-experimental* dengan rancangan *One-Group Pretest-Posttest Design* (Sugiyono, 2014). Rancangan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu mengevaluasi efektivitas pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) dalam meningkatkan literasi halal siswa. Melalui pemberian *pretest* dan *posttest* pada kelompok yang sama, perubahan kemampuan literasi halal siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran dapat diukur secara langsung, sehingga pengaruh perlakuan terhadap peningkatan literasi halal dapat dievaluasi secara lebih objektif. efektivitas pembelajaran eksperimen



fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) dalam meningkatkan literasi halal siswa melalui perbandingan kemampuan sebelum dan sesudah perlakuan. Penggunaan satu kelompok yang memperoleh *pretest* dan *posttest* memungkinkan perubahan kemampuan siswa diamati secara langsung, sehingga pengaruh pembelajaran terhadap peningkatan literasi halal dapat dievaluasi secara lebih objektif. Desain ini juga memberikan gambaran empiris mengenai perubahan hasil belajar yang terjadi setelah siswa mengikuti pembelajaran eksperimen, sehingga sesuai untuk mengevaluasi efektivitas implementasi pembelajaran pada kondisi kelas yang sebenarnya. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran eksperimental fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) melalui uji sensorik, sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan literasi halal siswa.

Table 1. Rancangan Design One Group *Pretest-Posttest*

Pretest	Perlakuan	Posttest
O ₁	X	O ₂

Keterangan desain penelitian menunjukkan bahwa X merupakan implementasi Pembelajaran Eksperimental Fermentasi Kulit Apel Fuji (*Malus domestica*), sedangkan O₁ dan O₂ masing-masing menunjukkan pretest dan posttest. Penelitian dilaksanakan pada Mei 2026 di SMPN 4 Rancaekek, Kabupaten Bandung, dengan sampel 40 siswa kelas IX I. Data dikumpulkan melalui pretest, observasi, dan posttest menggunakan instrumen tes pilihan ganda 10 butir yang telah memenuhi uji kualitas instrumen. Peningkatan literasi halal dianalisis menggunakan N-Gain, sedangkan uji normalitas dilakukan dengan Shapiro-Wilk berbantuan IBM SPSS Statistics karena jumlah sampel < 50. Pengambilan keputusan menggunakan $\alpha = 0,05$, yaitu Sig. > α menunjukkan data berdistribusi normal, sedangkan Sig. < α menunjukkan data tidak berdistribusi normal.

$$N - Gain = \frac{Posttest - Pretest}{Skor Maksimum - Pretest}$$

Tabel 2. Skala Penilaian Individu siswa dalam meningkatkan Literasi halal menggunakan N-Gain

Rentang N-Gain	Kategori
$G \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$g \leq 0,30$	Rendah

Sumber : Hake, R. R. (1998)

Analisis statistik selanjutnya dilakukan menggunakan uji effect size untuk mengetahui besarnya pengaruh penerapan pembelajaran terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Perhitungan effect size dilakukan menggunakan rumus (Cohen, 1988) dan sebagaimana dikemukakan (Lakens, 2013). Nilai effect size digunakan untuk menginterpretasikan tingkat efektivitas perlakuan yang diberikan selama proses pembelajaran. Berikut merupakan interpretasi effect size dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Interpretasi *Effect Size*

Effect Size	Interpretasi
$0 < d < 0,2$	Kecil
$0,2 < d \leq 0,5$	Sedang
$0,5 < d \leq 0,8$	Besar
$d > 0,8$	Sangat Besar



HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penerapan pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) serta analisis pengaruhnya terhadap peningkatan literasi halal siswa. Uraian hasil disusun secara sistematis, dimulai dari pelaksanaan pembelajaran, dilanjutkan dengan analisis peningkatan kemampuan literasi halal berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*, kemudian diperkuat melalui uji statistik untuk mengetahui efektivitas pembelajaran. Selanjutnya, setiap temuan diinterpretasikan dan dibahas dengan mengaitkannya pada teori serta hasil penelitian terdahulu yang relevan.

Implementasi Pembelajaran Eksperimen Fermentasi Kulit Apel Fuji

Implementasi pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) diawali dengan penyajian permasalahan kontekstual mengenai pemanfaatan limbah kulit apel dan aspek kehalalan proses fermentasi. Pada tahap ini, siswa mengidentifikasi permasalahan berdasarkan prinsip halal sehingga mengembangkan kemampuan memahami konsep *halal* dan *thayyib*, mengidentifikasi bahan baku, serta mengenali potensi kontaminasi selama proses fermentasi. Penyajian masalah kontekstual mendorong siswa mengaitkan konsep bioteknologi dengan situasi nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar. Temuan ini sejalan dengan (Oliveira & Bonito, 2023) yang menyatakan bahwa kegiatan praktikum berbasis konteks nyata dapat memperkuat pemahaman konseptual serta meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Selain itu, (Nurdin et al., 2024) menegaskan bahwa literasi halal berkembang secara optimal ketika siswa diberi kesempatan untuk menganalisis permasalahan kehalalan berdasarkan bukti ilmiah.

Tahap berikutnya, siswa dibagi ke dalam empat kelompok untuk melaksanakan eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*). Setiap kelompok berdiskusi mengenai prosedur fermentasi, pemilihan bahan, kebersihan, dan sanitasi, kemudian melakukan praktikum melalui pengamatan, pencatatan hasil, serta pengumpulan bukti ilmiah dengan bimbingan guru. Kegiatan kolaboratif ini memberi kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan melalui diskusi, pengamatan langsung, dan proses penyelidikan ilmiah. Menurut teori konstruktivisme sosial Vygotsky, pengetahuan terbentuk melalui interaksi antarsiswa dan bimbingan guru selama proses belajar. Hasil kajian (van Brederode et al., 2020) juga menunjukkan bahwa kegiatan laboratorium berbasis inkuiri mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis bukti ilmiah dan mengambil keputusan berdasarkan hasil pengamatan.

Pada tahap akhir, setiap kelompok menyusun laporan hasil praktikum dan mempresentasikan hasil fermentasi yang telah dilakukan. Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya mengomunikasikan hasil pengamatan, tetapi juga mengevaluasi proses fermentasi, mengidentifikasi titik kritis kehalalan (*Halal Critical Control Points*), serta menentukan status kehalalan produk berdasarkan bukti yang diperoleh selama praktikum. Proses presentasi dan refleksi mendorong siswa mengintegrasikan konsep bioteknologi dengan prinsip literasi halal secara lebih komprehensif. Temuan ini sejalan dengan (Fitriani & Prasetyo, 2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran IPA yang mengintegrasikan literasi halal mampu memperkuat kemampuan analisis, pengambilan keputusan, dan penerapan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari.



Guru selanjutnya memberikan penguatan terhadap hasil diskusi untuk memastikan bahwa konsep ilmiah dan prinsip kehalalan dipahami secara utuh oleh seluruh siswa.

Uji N-Gain kemampuan literasi halal

Hasil analisis deskriptif terhadap skor pretest, posttest, dan *N-gain* disajikan pada Tabel 3. diketahui bahwa rata-rata nilai pretest kemampuan literasi halal siswa sebelum penerapan pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) sebesar 54,10. Setelah pembelajaran dilaksanakan, rata-rata nilai posttest meningkat menjadi 74,28. Hasil analisis N-Gain menunjukkan nilai sebesar 0,433 atau 43,3%, yang termasuk dalam kategori sedang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) mampu meningkatkan kemampuan literasi halal siswa dengan tingkat efektivitas sedang.

Tabel 4. Data kemampuan Literasi sains siswa

No	Test	Rata-rata	N-Gain	(%)
1	Pretest	54,10	0,433	43,3%
2	Posttest	74,28		

Uji Statistik Kemampuan Literasi Halal Siswa

Selain menggunakan N-Gain, peningkatan kemampuan literasi halal siswa dianalisis melalui uji statistik inferensial untuk menguji hipotesis penelitian berdasarkan data pretest dan posttest. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, data terlebih dahulu diuji menggunakan uji prasyarat statistik. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi pretest = 0,083 dan posttest = 0,114, dengan $\text{Sig.} > \alpha = 0,05$, sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang menunjukkan bahwa kedua data berdistribusi normal. Selanjutnya, uji homogenitas menggunakan Levene's Test memperoleh nilai $\text{Sig.} = 0,621$, dengan $\text{Sig.} > \alpha = 0,05$, sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data pretest dan posttest memiliki varians yang homogen, sehingga seluruh prasyarat analisis statistik parametrik telah terpenuhi dan data layak digunakan untuk pengujian hipotesis.

Tabel 5. uji statistik terhadap nilai *pretest* dan *post-test*.

No	Data	Jenis Uji	Hasil
1	Normalitas	Shapiro-Wilk	Sig.Pretest=0,083 Sig Post-test=0,114
2	Homogenitas	Levene's test	Sig = 0,621
3	Uji T	Paired Sample t-test	Sig = 0,00

Uji Kemampuan Siswa Berdasarkan Indikator halal

Kemampuan literasi halal siswa dianalisis berdasarkan dua dimensi, yaitu aspek pengetahuan dan aspek kompetensi. Dimensi pengetahuan meliputi pemahaman konsep halal dan *thayyib*, identifikasi bahan baku halal, penerapan kebersihan dan sanitasi sesuai prinsip halal, serta identifikasi potensi kontaminasi yang dapat memengaruhi status kehalalan produk. Adapun dimensi kompetensi mencakup kemampuan mengidentifikasi permasalahan kehalalan, menganalisis bahan dan proses fermentasi berdasarkan prinsip halal, serta mengambil keputusan mengenai status kehalalan produk berdasarkan bukti ilmiah. Rekapitulasi hasil pretest, posttest, dan *N-gain* pada setiap indikator disajikan pada Tabel 6.



Tabel 6. Hasil Data Kemampuan Literasi Halal Siswa Berdasarkan Indikator

No	Indikator Literasi Halal	Pretest	Posttest	N Gain
1	Memahami konsep halal dan <i>thayyib</i>	32,72	80,76	0,71
2	Mengidentifikasi bahan baku halal pada proses fermentasi	40,01	85,56	0,76
3	Mengidentifikasi bahan tambahan pada yang digunakan pada proses fermentasi	31,28	78,88	0,69
4	Memahami penerapan kebersihan dan sanitasi sesuai prinsip halal	45,32	90,21	0,82
5	Mengidentifikasi potensi kontaminasi yang memengaruhi kehalalan produk	33,90	75,56	0,63

Berdasarkan Tabel 6, seluruh indikator pengetahuan literasi halal mengalami peningkatan setelah penerapan pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*). Analisis normalized gain (N-gain) menunjukkan bahwa indikator penerapan kebersihan dan sanitasi sesuai prinsip halal memperoleh N-gain = 0,82 (kategori tinggi), diikuti indikator identifikasi bahan baku halal (0,76) dan pemahaman konsep halal serta *thayyib* (0,71). Sementara itu, indikator identifikasi bahan tambahan pada proses fermentasi (0,69) dan potensi kontaminasi terhadap kehalalan produk (0,63) berada pada kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis eksperimen efektif meningkatkan pemahaman siswa terhadap seluruh aspek pengetahuan literasi halal, terutama terkait penerapan kebersihan dan sanitasi selama proses fermentasi.

Uji efektivitas Effect Size

Effect Size dalam statistik digunakan untuk menentukan besarnya skala keefektifan sebuah penelitian. Dalam Penelitian ini yang diukur keefektifan pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) untuk meningkatkan literasi halal yang disajikan dalam Tabel 6, menunjukkan bahwa perolehan *effect size* sebesar 0.74 maka termasuk dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) untuk meningkatkan literasi halal memberi pengaruh yang cukup tinggi terhadap kemampuan literasi halal siswa pada mata pelajaran IPA

Tabel 6 Hasil analisis uji *Effect Size*

Nilai	Rata-rata nilai	Standar Deviasi	Effect Size	Keterangan
Prettest	53,75	13,9	0,74	Sedang
Posttest	74,975	13,38		

Kemampuan literasi halal siswa mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*). Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata pretest dari 53,75 menjadi 74,00 pada posttest, dengan nilai N-Gain sebesar 45% yang termasuk kategori sedang. Hasil uji statistik juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest, sehingga pembelajaran eksperimen terbukti efektif dalam meningkatkan literasi halal siswa. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pengalaman belajar melalui praktikum mampu memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep halal dan *thayyib*, identifikasi bahan baku, kebersihan dan sanitasi, serta potensi kontaminasi yang memengaruhi kehalalan produk.

Peningkatan kemampuan literasi halal dipengaruhi oleh karakteristik pembelajaran eksperimen yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran. Selama praktikum, siswa terlibat dalam mengamati, melaksanakan, menganalisis,



dan mengevaluasi proses fermentasi sehingga mampu menghubungkan konsep ilmiah dengan prinsip kehalalan produk pangan. Pembelajaran secara berkelompok juga mendorong siswa berdiskusi, bertukar gagasan, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah yang diperoleh selama praktikum. Temuan ini sejalan dengan Rahayu et al. (2023) dan temuan ini didukung oleh Xu et al. (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran aktif berbasis kolaborasi meningkatkan kualitas proses belajar melalui keterlibatan siswa dalam membangun pengetahuan. Sejalan dengan itu, (Drake et al., 2023b) Li et al. (2023) menegaskan bahwa interaksi kolaboratif antarsiswa berperan penting dalam memperdalam pemahaman konseptual melalui proses konstruksi pengetahuan..

Pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) diawali dengan penyajian permasalahan kontekstual yang mendorong siswa mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah sekaligus literasi halal. Melalui kegiatan praktikum, siswa mengidentifikasi isu kehalalan, menganalisis proses fermentasi serta bahan yang digunakan berdasarkan prinsip halal, kemudian menentukan status kehalalan produk dengan mengacu pada bukti ilmiah yang diperoleh selama eksperimen. Temuan ini sejalan dengan (Susiloningsih et al., 2023) yang menyatakan bahwa *experiential learning* meningkatkan kualitas pembelajaran melalui keterlibatan langsung siswa dalam proses pengamatan, eksperimen, dan analisis. Pengalaman belajar tersebut membantu siswa mengaitkan konsep bioteknologi dengan prinsip kehalalan pangan secara kontekstual, sehingga pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) berpotensi menjadi alternatif pembelajaran IPA untuk memperkuat keterampilan ilmiah dan literasi halal.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran eksperimen fermentasi kulit apel Fuji (*Malus domestica*) efektif meningkatkan literasi halal siswa. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari 54,10 pada pretest menjadi 74,28 pada posttest, dengan N-Gain = 0,433 (43,3%) berkategori sedang. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa data berdistribusi normal (Sig. > α = 0,05), homogen (Sig. = 0,621), serta terdapat perbedaan yang signifikan antara pretest dan posttest (Sig. = 0,00). Nilai Effect Size = 0,74 mengindikasikan bahwa pembelajaran memberikan pengaruh pada kategori sedang. Integrasi eksperimen fermentasi, analisis sensorik, dan prinsip halal memberikan pengalaman belajar yang kontekstual sehingga siswa mampu memahami konsep halal dan *thayyib*, mengidentifikasi bahan baku, menerapkan kebersihan dan sanitasi, menganalisis potensi kontaminasi, serta menentukan status kehalalan produk berdasarkan bukti ilmiah. Oleh karena itu, pembelajaran ini berpotensi menjadi alternatif pembelajaran IPA untuk mengembangkan literasi halal sekaligus memperkuat keterampilan ilmiah siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisak,H., dkk. (2025). *Potential implementation of ethnoscience-oriented learning on biotechnology material*. 14(October), 90–104.
https://www.researchgate.net/publication/375606104_Pengajaran_pembuatan_minuman_fermentasi_berbahan_dasar_teh_dan_susu/fulltext/6552baa8b1398a



779d87a74c/Pengajaran-pembuatan-minuman-fermentasi-berbahan-dasar-teh-dan-susu.pdf?__cf_chl_f_tk=EgTfpDJfIOId0D1N

- Ariestanti, C. A., Pirena, K., & Nugroho, W. (2023). Pengajaran pembuatan minuman fermentasi berbahan dasar teh dan susu. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 4(2), 575–584. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v4i2.20767>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Drake, M. A., Watson, M. E., & Liu, Y. (2023a). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Drake, M. A., Watson, M. E., & Liu, Y. (2023b). Sensory Analysis and Consumer Preference: Best Practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 427–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Faizah, H., Rohman, M., Kusumawati, E., & Firdhausi, N. F. (2024). Analysis of Alcohol Content in Fruit Vinegars as a Halal Testing Method for Fermented Products. *Proceedings of International Conference on Halal Food and Health Nutrition*, 2(1), 163–167. <https://doi.org/10.29080/ichafohn.v2i1.2041>
- Fitriani, E., & Prasetyo, Z. K. (2023). Konsep dan implementasi literasi halal pada pembelajaran IPA. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan*, 3(2), 158–172. <https://doi.org/10.23971/jpsp.v3i2.7237>
- Göcük, A. F. Ş. (2003). *Göcük, A., & Şahin, F. (2023).pdf* (p. 29). <https://doi.org/https://doi.org/10.21733/ibad.1323853>
- Harunaningtyas, A., & Rohana, N. L. R. T. (2025a). Traditional biotechnology approaches in halal food production: A comprehensive review. *Advanced Tropical Science Journal*, 9(2). <https://doi.org/10.21111/atj.v9i2.15178>
- Harunaningtyas, A., & Rohana, N. L. R. T. (2025b). Traditional Biotechnology Approaches in Halal Food Production: A Comprehensive Review. *Agroindustrial Technology Journal*, 9(2), 42–57. <https://doi.org/10.21111/atj.v9i2.15178>
- Havita, V. N., Hamidah, I., & Sriyati, S. (2021). Education sustainable development-integrated organic waste management to improve students' sustainability literacy. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 22(2), 262–269. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v22i2.pp262-269>
- Ibrahim, I., Shuib, A., & Yusoff, F. H. (2024). Planning of halal compliance critical control points and IoT integration in halal chicken meat supply chain traceability system. *Journal of Halal Industry & Services*, 7(1). <https://doi.org/10.36877/jhis.a0000568>
- Janand, H. I., Adila, A. S. D., & Dewantari, N. (2026). Development of a biotechnology e-module integrated with the problem-based learning model incorporating socioscientific issues to train students' critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 17(2). <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v17i2.106612>



- Karahalil, E. (2020). Principles of halal-compliant fermentations: Microbial alternatives for the halal food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.031>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Martău, G. A., Teleky, B. E., Ranga, F., Pop, I. D., & Vodnar, D. C. (2021). Apple pomace as a sustainable substrate in sourdough fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 12, 742020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.742020>
- Nuridin, M. A., Anwar, D. M., Cahyanto, T., & Windayani, N. (2024). Pengembangan Indikator Literasi Halal: Dari Teori Ke Ruang Kelas Pembelajaran IPA. *Indonesian Journal of Halal*, 7(1), 45–54. <https://doi.org/10.14710/halal.v7i1.22790>
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: a systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1151641>
- Sharma, R., Diwan, B., Singh, B. P., & Kulshrestha, S. (2022). Probiotic fermentation of polyphenols: Potential sources of novel functional foods. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00101-4>
- Sugiyono. (2014). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Susiloningsih, E., Sumantri, M. S., & Marini, A. (2023). Experiential learning model in science learning: Systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 550–557. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4452>
- van Brederode, M. E., Zoon, S. A., & Meeter, M. (2020). Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1173–1182. <https://doi.org/10.1039/D0RP00020E>
- Xu, E., Wang, W., & Wang, Q. (2023). The effectiveness of collaborative problem solving in promoting students' critical thinking: A meta-analysis based on empirical literature. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 16. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01508-1>

