

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Tes Kognitif

a) Pengertian Tes Kognitif

Tes kognitif digunakan sebagai salah satu instrumen untuk menilai berpikir kognitif peserta didik. Menurut (Putri et al., 2022) ranah kognitif mencakup kegiatan mental yang berorientasi pada kemampuan berpikir, termasuk kemampuan memecahkan masalah yang menuntut peserta didik menghubungkan dan menggabungkan berbagai ide, metode, atau prosedur yang telah dipelajari. Tes kognitif disusun guna mengetahui seberapa besar penguasaan siswa terhadap materi ajar sesuai dengan indikator yang telah ditentukan.

b) Bentuk Soal/Tes Kognitif

Tes kognitif terdiri atas dua bentuk, yaitu tes uraian dan tes objektif. Tes uraian dibedakan menjadi tes uraian terbatas dan tes uraian bebas, sedangkan tes objektif terdiri atas bentuk benar-salah, pilihan ganda, menjodohkan, dan jawaban singkat (Putri et al., 2022). Bentuk tes yang dipilih disesuaikan dengan tujuan penilaian, materi pelajaran, dan tingkat kemampuan siswa.

1) Soal Pilihan Ganda

Soal pilihan ganda termasuk jenis tes objektif yang terdiri dari satu pernyataan dan beberapa opsi jawaban, di mana hanya satu

jawaban yang benar dipilih dari pilihan yang telah disediakan (Zulpan et al., 2024). Jenis tes ini sering digunakan karena dapat mencakup berbagai topik, mudah dalam penskoran, dan memiliki tingkat objektivitas yang tinggi. Dalam pembelajaran biologi, soal pilihan ganda digunakan untuk menilai pemahaman siswa tidak hanya konsep yang diingat, namun juga yang dipahami dan di terapkan.

2) Soal Benar - Salah

Soal benar salah termasuk ke jenis tes objektif yang meminta peserta didik menentukan kebenaran suatu pernyataan. Tes ini mudah dipasangkan dan dijawab, tetapi peluang menebak jawaban sangat besar. Oleh karena itu, tes ini digunakan untuk mengukur pemahaman konsep dasar atau fakta sederhana. (Putri et al., 2022).

3) Soal Menjodohkan

Jenis soal selanjutnya adalah soal menjodohkan, yang terbagi menjadi dua kelompok pernyataan yang harus dipasangkan dengan hubungan tertentu, seperti istilah dengan definisi atau konsep dengan contoh. Bentuk soal ini efektif digunakan untuk melihat kemampuan peserta didik dalam memahami hubungan antar konsep, termasuk materi yang bersifat faktual maupun konseptual (Putri et al., 2022).

4) Soal Isian Singkat

Soal isian singkat melibatkan jawaban singkat berupa kata, istilah, atau angka. Isian ini tidak memiliki pilihan jawaban sehingga peserta didik diminta untuk menjawab dengan kata-katanya sendiri. Isian singkat efektif digunakan untuk menilai cara siswa mengingat dan memahami konsep tanpa pilihan jawaban yang dijawab. Sementara itu, soal isian singkat lebih tepat digunakan untuk menilai kemampuan peserta didik dalam hal hafalan istilah atau fakta dalam pembelajaran biologi (Putri et al., 2022).

5) Soal Uraian

Soal uraian adalah salah satu jenis tes subjektif yang mewajibkan peserta didik menjawab dengan tulisan panjang. Soal ini memungkinkan peserta didik memberikan jawaban serta pemahaman yang lebih sistematis dan mendalam. Soal uraian biasanya digunakan untuk mengevaluasi kemampuan peserta didik menangkap, menerapkan, dan menjelaskan materi dengan bahasanya sendiri. Namun, soal jenis ini harus ada penskoran agar penilaiannya tetap objektif (M. S. Firdaus et al., 2025).

6) Tes Lisan dan Tes Praktik

Selain tes tertulis, tes kognitif juga dapat diterapkan melalui tes lisan dan tes praktik. Tes lisan digunakan untuk mengevaluasi pemahaman peserta didik terhadap suatu konsep melalui tanya jawab di tempat. Sementara tes praktik mewajibkan peserta didik

menunjukkan kemampuan apa yang dikuasainya dalam suatu kegiatan tertentu. Pada pembelajaran biologi, tes praktik sering digunakan untuk mengevaluasi pemahaman konsep yang berkaitan dengan kegiatan laboratorium atau pengamatan di lapangan.

2. *Higher Order Thinking Skills (HOTS)*

a) Pengertian HOTS

Higher Order Thinking Skills (HOTS) merupakan kemampuan berpikir pada tingkat tinggi yaitu proses kognitif seperti menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, serta digunakan untuk memecahkan tantangan, menganalisis data, dan merancang solusi baru. HOTS berbeda dengan kemampuan berpikir tingkat rendah yang hanya berpusat pada proses penghafalan dan pemahaman sederhana, karena HOTS memerlukan peran aktif peserta didik untuk mengolah pengetahuan dengan lingkungan yang relevan dan nyata. Menurut (Nurhayati & Fairuz, 2023) keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) penting dikembangkan dalam pembelajaran karena membantu peserta didik dalam mengambil keputusan dan menyelesaikan masalah secara tepat melalui pemahaman yang bermakna dan penalaran yang tinggi. Selain itu, HOTS dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Nurhayati & Fairuz, 2023).

b) Karakteristik HOTS

1) Berorientasi pada proses berpikir tingkat tinggi

HOTS menekankan kemampuan kognitif C4 (menganalisis), C5 (mengevaluasi), dan C6 (mencipta) sehingga tidak hanya mengukur kemampuan mengingat atau memahami saja.

2) Menggunakan permasalahan kontekstual dan autentik

HOTS menyajikan permasalahan nyata yang mendorong peserta didik mengaitkan pengetahuan dengan kehidupan sehari-hari.

3) Mendorong kemampuan berpikir kritis dan reflektif

HOTS melatih peserta didik berpikir kritis, mempertimbangkan berbagai sudut pandang, serta merefleksikan proses dan hasil berpikir.

4) Memungkinkan adanya lebih dari satu jawaban benar

Soal HOTS bersifat terbuka sehingga menilai alasan, argumen, dan proses berpikir, bukan hanya dari hasil jawaban akhir.

5) Menekankan pada penerapan pengetahuan dalam situasi baru

HOTS mengharuskan peserta didik menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki pada permasalahan atau situasi baru.

3. Model dan Tahapan Pengembangan Tes Kognitif Level HOTS

a) Model Pengembangan Tes Kognitif Level HOTS

Pengembangan tes kognitif level HOTS dilakukan melalui pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE, yang terdiri atas lima tahap, yaitu *Analysis* (analisis), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Model ini digunakan untuk menghasilkan instrumen yang valid, reliabel, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

b) Tahapan Pengembangan Tes Kognitif Level HOTS

Pengembangan tes kognitif level *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) merupakan proses yang terstruktur yang bertujuan menghasilkan instrumen penilaian yang valid, reliabel dan mampu mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik secara akurat. Pengembangan tes kognitif level HOTS dilakukan secara sistematis melalui tahapan berikut.

1) Tahap Analisis Kebutuhan

Tahap analisis bertujuan mengidentifikasi kebutuhan pengembangan instrumen, meliputi analisis capaian pembelajaran, indikator, karakteristik peserta didik, serta integrasi kearifan lokal agar instrumen sesuai dengan tujuan pembelajaran.

2) Tahap Perancangan Tes (*Design*)

Tahap perancangan meliputi penyusunan kisi-kisi, penentuan indikator HOTS (C4, C5, dan C6), bentuk soal, jumlah

soal, serta penyusunan stimulus yang kontekstual dan sesuai dengan materi.

3) Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini disusun butir soal berdasarkan kisi-kisi yang telah dirancang dengan memperhatikan aspek materi, konstruksi, dan bahasa. Instrumen kemudian divalidasi oleh para ahli untuk menilai kelayakannya.

4) Tahap Uji Coba (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba instrumen kepada peserta didik untuk memperoleh data empiris, seperti validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda butir soal.

5) Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan dengan merevisi instrumen berdasarkan hasil validasi ahli, analisis uji coba, serta masukan dari hasil angket respon guru dan peserta didik sehingga dihasilkan instrumen HOTS yang layak digunakan.

4. Materi Bioteknologi

a) Pengertian Bioteknologi

Bioteknologi berasal dari kata “*bios*” yang berarti hidup, “*techne*” yang berarti teknik atau keterampilan dan “*logos*” yang berarti ilmu. Secara umum, bioteknologi merupakan cabang ilmu yang memanfaatkan proses biologis, organisme, atau sistem biologis untuk

menghasilkan produk dan teknologi yang meningkatkan kualitas kehidupan manusia (Amer & Baidoo, 2021).

Secara ilmiah, bioteknologi didefinisikan sebagai penerapan prinsip-prinsip biologi, biokimia, mikrobiologi, dan rekayasa dalam memanfaatkan organisme hidup atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan maupun memodifikasi produk yang memiliki nilai guna. Bioteknologi memanfaatkan proses, organisme, atau sistem biologis untuk menghasilkan produk yang bermanfaat serta berkembang melalui integrasi berbagai teknologi, seperti rekayasa genetika, rekayasa metabolik, biologi sintetis, dan teknologi omics yang diterapkan pada bidang pangan, pertanian, farmasi, energi, dan industri (Amer & Baidoo, 2021).

Menurut *Convention on Biological Diversity* (CBD), bioteknologi merupakan setiap aplikasi teknologi yang menggunakan sistem biologis, organisme hidup, atau turunannya untuk membuat atau memodifikasi produk maupun proses bagi tujuan tertentu. Selanjutnya, (Wikandari et al., 2021) menjelaskan bahwa penerapan bioteknologi modern meliputi teknologi kultur sel, *marker-assisted selection*, dan rekayasa genetika untuk mendukung produksi pangan dan berbagai teknik bioproses untuk menghasilkan inovasi yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Penerapan bioteknologi telah berkembang secara luas dalam berbagai bidang kehidupan. Di bidang industri dan kesehatan, mikroorganisme dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai senyawa

bioaktif, seperti enzim, vitamin, antibiotik, asam organik, serta menghasilkan berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar produk nutraseutikal dan farmaseutikal bernilai ekonomi tinggi (Mahyuni, 2022). Pemanfaatan kemampuan metabolisme mikroorganisme tersebut menunjukkan bahwa bioteknologi berperan penting dalam menghasilkan produk yang bermanfaat secara efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan berbagai pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa bioteknologi adalah cabang ilmu yang mempelajari sekaligus menerapkan prinsip-prinsip biologi, biokimia, mikrobiologi, dan rekayasa teknologi dalam memanfaatkan organisme hidup maupun komponen biologisnya untuk menghasilkan atau memodifikasi suatu produk berupa barang dan jasa yang memiliki nilai manfaat bagi kehidupan manusia.

b) Macam-macam Bioteknologi

Bioteknologi terbagi menjadi dua macam yaitu bioteknologi konvensional (tradisional) dan bioteknologi modern. Bioteknologi konvensional (tradisional) atau biasa disebut dengan bioteknologi sederhana adalah proses bioteknologi yang mengandalkan mikroba untuk menghasilkan produk melalui proses fermentasi. Pada bioteknologi konvensional, prinsip teknologinya adalah sebatas menyeleksi bahan, mikroorganisme, dan lingkungan demi didapatkannya produk unggul. Contoh produk yang dihasilkan berupa

tempe, tauco, kecap, oncom, yoghurt, keju, mentega, tape dan roti (Dewi et al., 2021).

Berdasarkan periodisasi steril tidak penanganan suatu eksperimen, bioteknologi konvensional termasuk dalam bioteknologi tidak steril karena produk-produk yang dihasilkan masih dalam keadaan tidak murni dan teknologinya masih mudah di praktikkan, contohnya seperti pembuatan tapai singkong, tapai ketan dan roti (Farisa, 2023).

Pada bioteknologi konvensional, penerapan teknik-teknik bioimia atau rekayasa dan biologi masih bersifat terbatas sehingga, belum mencapai rekayasa molekular yang lebih terarah. Bioteknologi konvensional memiliki beberapa ciri-ciri sebagai berikut: 1) Memakai makhluk hidup secara langsung, 2) Tanpa didasari prinsip ilmiah, 3) Berdasarkan keterampilan yang di wariskan secara turun temurun, dan 4) Dapat di produksi secara masal.

Bioteknologi konvensional memiliki kekurangan dan kelebihan, yaitu:

- 1) Kelebihan bioteknologi konvensional, yaitu relatif lebih murah, teknologi genetik sederhana, dan pengaruh jangka panjang umumnya sudah di ketahui karena sistemnya sudah mapan.
- 2) Kekurangan bioteknologi konvensional, yaitu perbaikan sifat genetik tidak terarah, tidak dapat mengatasi ketidaksesuaian genetik (inkompatibilitas), hasil tidak dapat di perkirakan sebelumnya dan prosesnya memerlukan waktu yang lama (Dewi et al., 2021).

Bioteknologi modern adalah proses yang menggunakan alat dan cara kerja yang lebih canggih, diproses dalam keadaan steril dan bersih, sehingga menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dan kuantitas produk yang dihasilkan lebih banyak dan terarah. Pada bioteknologi modern lebih menekankan pada bagaimana cara merekayasa genetik mikroorganisme yang bertujuan untuk menghasilkan clone yang unggul (Farisa, 2023). Selain itu, berdasarkan perodesasi steril tidak penanganan suatu eksperimen, bioteknologi modern termasuk dalam bioteknologi steril, karena menggunakan teknik aseptik yang umum prosesnya lebih rumit dan membutuhkan kondisi yang tingkat higienitasnya lebih tinggi, akan tetapi produk yang dihasilkan lebih murni dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi (Farisa, 2023). Pada bioteknologi modern, diperlukan adanya analisis gen, baik itu berupa DNA maupun RNA. Bioteknologi modern memiliki beberapa ciri-ciri sebagai berikut: 1) Memakai makhluk hidup dan komponennya secara langsung, 2) Menggunakan prinsip-prinsip ilmiah, 3) Hasil pengkajian berbagai disiplin ilmu yang mendalam, dan 4) tidak dapat di produksi secara masal.

Bioteknologi modern memiliki kekurangan dan kelebihan, yaitu:

- 1) Kelebihan bioteknologi modern, yaitu perbaikan sifat genetik dilakukan secara terarah, dapat mengatasi kendala ketidaksesuaian genetik, hasil dapat diperhitungkan, dapat menghasilkan jasad/organisme baru dengan sifat baru yang tidak terdapat pada

organisme alami, dan mampu meningkatkan kualitas organisme melalui rekayasa genetika.

- 2) Kekurangan bioteknologi modern, yaitu proses pengerjaannya memerlukan biaya yang relatif mahal, memerlukan teknologi yang canggih dan pengaruh jangka panjang belum diketahui (Dewi et al., 2021).

c) Peranan Bioteknologi

Ada beberapa peran bioteknologi dari berbagai bidang, yaitu:

- 1) Bidang lingkungan, bioteknologi berperan dalam menjaga kualitas lingkungan melalui pemanfaatan mikroorganisme untuk mengolah limbah dan mengurangi pencemaran. Penerapannya meliputi bioremediasi (mikroba), pengolahan air limbah, pemulihan lahan tercemar, serta produksi bioenergi yang ramah lingkungan (Dewi et al., 2021).
- 2) Bidang pangan, bioteknologi dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas, keamanan, nilai gizi, dan produktivitas pangan melalui fermentasi maupun rekayasa genetika. Penerapannya meliputi pengembangan tanaman pangan unggul, peningkatan umur simpan, perbaikan cita rasa, peningkatan kandungan gizi, serta deteksi kontaminasi pangan (Dewi et al., 2021).
- 3) Bidang industri, bioteknologi dimanfaatkan dalam proses industri untuk menghasilkan berbagai produk melalui fermentasi maupun rekayasa genetika. Aplikasinya meliputi produksi enzim industri,

asam organik, alkohol, protein, vitamin, dan berbagai senyawa bioaktif yang digunakan pada industri pangan, kimia, maupun farmasi (Dewi et al., 2021).

- 4) Bidang kelautan, yaitu berperan sebagai pemanfaatan senyawa aktif dari organism laut dapat memiliki berbagai aplikasi di sektor medis, pertanian, lingkungan dan industri. Seperti, produk perawatan kulit, bioremediasi, pengobatan kanker dan lain sebagainya.
- 5) Bidang pertanian, bioteknologi berperan menghasilkan tanaman unggul melalui rekayasa genetika. Penerapannya meliputi pengembangan tanaman yang tahan hama, penyakit, dan kekeringan, serta memiliki produktivitas dan kualitas nutrisi yang lebih baik (Dewi et al., 2021).
- 6) Bidang kesehatan, bioteknologi berperan dalam diagnosis, pencegahan, dan pengobatan penyakit melalui pemanfaatan teknologi DNA rekombinan, seperti terapi gen, diagnosis molekuler, teknologi *microarray*, dan kedokteran forensik (Dewi et al., 2021).
- 7) Bidang farmasi, bioteknologi dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai produk terapeutik, seperti vaksin, antibiotik, hormon, protein rekombinan, dan antibodi monoklonal yang digunakan untuk diagnosis maupun terapi penyakit seperti terapi kanker dan transplantasi organ (Dewi et al., 2021).
- 8) Bidang peternakan, bioteknologi dimanfaatkan untuk menghasilkan ternak unggul melalui rekayasa genetika guna meningkatkan

produktivitas, ketahanan terhadap penyakit, serta kualitas bibit ternak, seperti inseminasi buatan, embrio transfer dan lain sebagainya (Dewi et al., 2021).

5. Kearifan Lokal Secara Umum

Kearifan lokal berasal dari dua kata yaitu kearifan (*wisdom*) dan lokal (*local*) yang merupakan pengetahuan murni yang dimiliki masyarakat dan digunakan untuk mengatur kehidupan sosial, hubungan manusia dengan alam, serta hubungan manusia dengan Tuhan. Pengetahuan tersebut diyakini dan dipedomani secara berkesinambungan sehingga membentuk kepribadian masyarakat (Endayani, 2023). Kearifan lokal dalam bahasa asing sering dikonsepsikan sebagai pengetahuan setempat (*local knowledge*), kecerdasan setempat (*local genius*) atau kebijakan setempat (*local wisdom*). Kearifan lokal (*local wisdom*) merujuk pada tujuan kehidupan yaitu pada kebijaksanaan, pengetahuan, dan tradisi yang dimiliki oleh masyarakat lokal di suatu daerah atau budaya tertentu berkaitan pada aspek kehidupan (Annisha, 2024). Budaya masing-masing daerah dapat memengaruhi karakteristik kearifan lokal sehingga keragaman budaya dapat menghasilkan berbagai kearifan lokal. Menurut (Rahmatih et al., 2020) kearifan lokal mempunyai nilai-nilai yang dapat direfleksikan dalam pembelajaran sains dan relevan dijadikan sumber pembelajaran yang kontekstual. Kearifan lokal yang diintegrasikan dalam pembelajaran dapat merangsang motivasi peserta didik untuk membangun pengetahuannya sendiri (Darmawati et al., 2025).

6. Kearifan Lokal Madiun yang Berkaitan dengan Bioteknologi

Pada penelitian ini, definisi kearifan lokal adalah berbagai nilai yang diciptakan, dikembangkan dan dipertahankan sebagai identitas atau kepribadian suatu daerah yang berwujud gagasan, benda maupun budaya dan diwariskan secara turun temurun sebagai bagian dari kehidupan masyarakat suatu daerah. Kearifan lokal yang diangkat sebagai topik penelitian ini adalah kearifan lokal Kota Madiun dan Kabupaten Madiun. Adapun kearifan lokal yang dibahas dalam penelitian pengembangan ini yaitu berfokus dalam bidang pangan yang terdiri dari:

a) Brem Madiun

Madiun merupakan salah satu daerah penghasil brem di wilayah Jawa Timur. Pusat produksi brem di Madiun berada di dua desa yang berbeda kecamatan yaitu di Desa Kaliabu, Kecamatan Mejayan dan di Desa Bancong. Kecamatan Wonoasri. Di dua desa yang berlokasi di daerah Caruban ini, terdapat rumah-rumah produksi brem yang dikelola oleh industri rumahan dengan skala usaha mikro kecil dan menengah.



Gambar 2. 1 Brem Desa Kaliabu

Sumber: (Putra, 2025)

Industri brem yang terletak di desa Kaliabu merupakan warisan turun temurun dari nenek moyang di desa tersebut. Sejumlah pengusaha mengatakan bahwa pembuatan brem sudah ada sebelum Belanda menjajah Indonesia. Salah satu pengusaha brem yang sudah tua yakni Ibu Marsiyem berusia 75 tahun memiliki sedikit cerita tentang sejarah brem. Ibu Marsiyem telah mampu membuat brem sejak berusia belasan tahun dengan belajar kepada Mbah Lurah Dusun Bodang. Menurut Ibu Marsiyem, asal-usul pengetahuan Mbah Lurah dalam membuat brem maupun alasan penamaan brem tidak diketahui secara pasti. Ibu Marsiyem berpendapat bahwa nama brem kemungkinan berasal dari proses peram, yaitu proses pemeraman sari tape ketan selama tujuh hari tujuh malam sebelum diolah lebih lanjut. Kata "Brem" berasal dari istilah Jawa "peram," yang terdengar seperti "prem" (Aminah, 2024). Peram yang dilafal perem dalam bahasa Jawa tidak jauh dari kata brem sehingga dinamakan brem.

Dari Dusun Bodang, brem kemudian menyebar ke dusun-dusun lain di sekitar Desa Kaliabu seperti Dusun Sumberjo. Lemah Ireng. Tempuran dan Kaliabu. Dari empat dusun di Desa Kaliabu tersebut, hanya Dusun Tempuran dan Dusun Sumberjo yang hingga kini masih memiliki perajin brem paling banyak. Resep dan cara pembuatan brem diwariskan turun temurun. Sejak tahun 1980-an, brem mulai dipasarkan dengan merek tertentu, berbeda dengan masa sebelumnya yang tanpa label, dan saat ini pengusaha brem mengombinasikan cara tradisional

dan teknologi modern serta mengembangkan beragam varian rasa dan warna, sehingga industri brem di Kaliabu tidak hanya mempertahankan warisan budaya lokal tetapi juga berpotensi meningkatkan perekonomian masyarakat setempat.

Seiring berkembangnya industri brem di Kabupaten Madiun, para pengusaha mulai memasarkan produknya dengan berbagai merek dagang sebagai identitas masing-masing produsen. Hingga saat ini, industri brem di Kabupaten Madiun berkembang melalui berbagai usaha mikro, kecil, dan menengah yang memasarkan produknya dengan merek dagang masing-masing. Beberapa merek brem yang diproduksi di Madiun antara lain Suling Gading, Suling Mandiri, Suling Istimewa, Duta Rasa, Rumah Joglo, Prihantini, Sari Gading, Citra Rasa, Mirasa, Candi Mas, Taman Sari dan beberapa merek UMKM lainnya yang dipasarkan secara lokal maupun regional. Perbedaan antarproduk umumnya terletak pada komposisi bahan, lama fermentasi, teknik pengeringan, ukuran produk, serta inovasi varian rasa seperti cokelat, stroberi, melon, pandan, durian, dan jahe. Meskipun menggunakan merek yang berbeda, prinsip dasar pembuatan brem tetap mempertahankan proses fermentasi tape ketan sebagai ciri khas bioteknologi tradisional masyarakat Madiun.

Selain memiliki nilai historis dan ekonomi, brem juga memiliki nilai ilmiah karena proses pembuatannya merupakan salah satu contoh penerapan bioteknologi konvensional. Pembuatan brem diawali dengan

pengukusan beras ketan hingga terjadi gelatinisasi pati, kemudian ketan didinginkan dan diberi ragi tape yang mengandung berbagai mikroorganisme, seperti *Saccharomyces cerevisiae*, *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oryzae*, *Endomycopsis fibuligera*, dan bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus* spp. Selama fermentasi selama sekitar 2-3 hari, kapang menghasilkan enzim amilase yang menghidrolisis pati menjadi glukosa, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida melalui reaksi $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{energi}$, sementara *Lactobacillus* spp. menghasilkan asam organik yang berperan dalam pembentukan cita rasa dan aroma khas tape ketan. Tape yang telah terbentuk kemudian diperas untuk memperoleh sari tape, diperam selama kurang lebih tujuh hari, kemudian dimasak hingga mengental sehingga sebagian besar air dan etanol menguap, sebelum akhirnya dicetak dan dikeringkan hingga menjadi brem padat. Proses tersebut menunjukkan bahwa pembuatan brem memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dan enzim untuk mengubah bahan baku menjadi produk pangan fermentasi yang memiliki nilai ekonomi sekaligus nilai edukatif sebagai contoh penerapan bioteknologi konvensional.

b) Bluder Madiun

Bluder merupakan salah satu produk pangan fermentasi yang menjadi bagian dari kearifan lokal Kota Madiun. Produk ini merupakan hasil akulturasi budaya kuliner Eropa, khususnya roti bergaya Belanda,

dengan kreativitas masyarakat lokal yang kemudian berkembang menjadi ciri khas daerah. Salah satu produsen yang paling dikenal adalah Bluder Cokro, yang didirikan oleh Ibu Suzana pada tahun 1989 di Madiun. Nama Cokro diambil dari lokasi pabrik pertamanya di Jalan Cokroaminoto No. 36 Kota Madiun. Selain Bluder Cokro, terdapat beberapa produsen bluder lain di Madiun, seperti Bluder Kresna, Bluder Dotmas, Bluder Metro, dan Bluder Koe, yang turut berkontribusi dalam melestarikan kuliner khas daerah. Seiring perkembangannya, bluder telah menjadi salah satu ikon oleh-oleh khas Madiun yang dikenal secara nasional. Pada tahun 2025, Pemerintah Kota Madiun melalui Bappeda mengusulkan Roti Bluder sebagai Warisan Budaya Tak Benda (WBTB) bersama Madumongso dan Dawet Suronatan karena memiliki nilai historis, budaya, dan ekonomi yang tinggi bagi masyarakat Madiun.

Dalam perspektif bioteknologi konvensional, pembuatan bluder memanfaatkan proses fermentasi adonan oleh ragi roti, yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganisme ini memfermentasi gula menjadi karbon dioksida (CO₂) dan etanol melalui proses fermentasi alkohol. Gas karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan terperangkap dalam jaringan gluten sehingga adonan mengembang dan menghasilkan tekstur roti yang lembut, berpori, serta empuk. Sementara itu, etanol dan senyawa volatil hasil fermentasi memberikan aroma dan cita rasa khas pada bluder. Keberhasilan proses fermentasi dipengaruhi oleh kualitas

ragi, suhu, lama fermentasi, ketersediaan gula sebagai substrat, serta higienitas selama proses pengolahan.

c) Madumongso

Madumongso merupakan salah satu jajanan tradisional khas Kota Madiun, Jawa Timur, yang telah berkembang menjadi simbol budaya lokal sekaligus komoditas ekonomi kreatif yang berdaya saing. Produk ini umumnya dibuat dari ketan hitam yang difermentasi selama 2-3 hari, kemudian dimasak bersama gula dan santan hingga menghasilkan tekstur manis dan kenyal yang khas, dan dibungkus secara tradisional dengan kertas warna-warni sehingga menjadi identitas visual oleh-oleh Madiun.



Gambar 2. 2 Madumongso

Sumber: (Aldi, 2024)

Di Kota Madiun terdapat beberapa produsen madumongso yang telah dikenal masyarakat, antara lain Madumongso Wahyu Tumurun, Madumongso Cap Tawon, dan Madumongso Kencana. Salah satu produsen yang paling terkenal adalah Madumongso Wahyu Tumurun, yang berlokasi di Kelurahan Banjarejo, Kecamatan Taman, Kota

Madiun. Usaha yang didirikan oleh Danuk Sri Arini (Ibu Danu) pada tahun 1995 ini mempertahankan metode produksi tradisional secara turun-temurun serta melayani pasar lokal maupun wisatawan yang menjadikan madumongso sebagai oleh-oleh khas Madiun. Keberhasilan usaha ini dalam mempertahankan kualitas dan cita rasa otentik telah mendorong pengakuan yang lebih luas hingga ke tingkat nasional dan internasional, ditandai dengan perhatian dari tim verifikasi program Kabupaten/Kota Sehat (KKS) tingkat nasional 2025, yang mengunjungi lokasi produksi sebagai bagian dari penilaian terhadap komitmen Kota Madiun dalam mengembangkan lingkungan dan ekonomi lokal (Ppid, 2025).

Pembuatan madumongso diawali dengan proses fermentasi beras ketan hitam menggunakan ragi tape yang mengandung berbagai mikroorganisme, terutama khamir *Saccharomyces cerevisiae*, kapang *Amylomyces rouxii* dan *Rhizopus* sp., serta bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus* sp. Selama fermentasi, enzim yang dihasilkan mikroorganisme menguraikan pati menjadi gula sederhana, kemudian sebagian gula difermentasi menjadi etanol, asam organik, dan berbagai senyawa volatil yang membentuk aroma serta cita rasa khas tape ketan sebagai bahan baku madumongso. Setelah proses fermentasi selesai, tape ketan dimasak bersama gula dan santan hingga kadar air berkurang dan terbentuk tekstur yang padat, kenyal, serta berwarna coklat. Keberhasilan fermentasi dipengaruhi oleh kualitas ragi, lama

fermentasi, suhu, kebersihan bahan dan peralatan, serta komposisi bahan baku yang digunakan.

d) Tempe

Tempe adalah produk pangan tradisional Indonesia yang dibuat dari kedelai melalui proses fermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp., sehingga menghasilkan bahan pangan bertekstur padat, bercita rasa khas, serta bernilai gizi tinggi, terutama sebagai sumber protein nabati. Produksi tempe di Kelurahan Kelun, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun berkembang sebagai bagian dari industri rumah tangga yang menjadi penopang ekonomi masyarakat setempat. Berdasarkan survei industri rumah tangga yang dilakukan oleh Dinas Sosial bersama perangkat kelurahan, dicatat adanya sejumlah unit produksi tempe yang menjadi unggulan lokal, antara lain industri tempe “MURNI” milik Edi Sunyoto di Dukuh Kayen dan usaha tempe yang dikelola oleh Jarwanto, Ketua RT.020, serta unit keripik tempe di Dukuh Sidodadi. Keberadaan unit-unit usaha tersebut menunjukkan bahwa produksi tempe telah menjadi kegiatan ekonomi yang dilakukan secara turun-temurun dan terpusat di wilayah tertentu, sekaligus berperan dalam penyediaan pangan lokal dan peningkatan pendapatan warga. Produksi tempe di Kelun tidak hanya berfungsi sebagai usaha ekonomi, tetapi juga mencerminkan keberlanjutan tradisi pangan fermentasi yang masih dipertahankan oleh masyarakat hingga saat ini (Ppid, 2022).

Pembuatan tempe memanfaatkan proses fermentasi kedelai menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* atau *Rhizopus oryzae* yang terdapat pada ragi tempe. Sebelum difermentasi, biji kedelai direndam, direbus, dikupas kulit arinya, kemudian ditiriskan hingga kadar airnya sesuai untuk pertumbuhan kapang. Setelah diberi inokulum ragi, kedelai difermentasi selama sekitar 36-48 jam pada suhu ruang. Selama proses fermentasi, kapang menghasilkan berbagai enzim, seperti protease, amilase, dan lipase, yang menguraikan protein, karbohidrat, dan lemak menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga meningkatkan daya cerna, memperbaiki cita rasa, serta mengurangi senyawa antinutrisi, seperti asam fitat. Miselium kapang kemudian tumbuh dan menyelimuti permukaan biji kedelai hingga menyatukannya menjadi tekstur tempe yang padat.

e) Tape Ketan Daun Jambu

Tape ketan daun jambu merupakan variasi dari makanan tradisional tape ketan yang telah lama dikenal dan dikonsumsi di Madiun, Jawa Timur, terutama pada acara adat, perayaan lebaran, hajatan, maupun sebagai teman minum teh dalam kehidupan sehari-hari. Produk ini menjadi salah satu kuliner UMKM yang sedang populer di wilayah Madiun karena inovasi kemasan dan citarasa khasnya. Berbeda dengan tape ketan konvensional yang umumnya dibungkus daun pisang, varian yang diproduksi oleh UMKM Tape Ketan Bu Min di Jalan Trimulyo, Kelurahan Klegen, Kecamatan Kartoharjo, Kota Madiun menggunakan

daun jambu air sebagai pembungkus utama yang melalui proses pengukusan, sehingga memberikan aroma dan rasa manis tambahan pada tape tersebut. Bahan utama tape ketan ini adalah beras ketan putih yang diolah tanpa pewarna. Sebelum difermentasi menggunakan ragi, ketan direndam selama beberapa jam, dikukus hampir dua jam, kemudian didinginkan hingga benar-benar dingin sebelum diberi ragi (Apridayani, 2020).



Gambar 2. 3 Tape Ketan Daun Jambu

Sumber: (Apridayani, 2020)

Pembuatan tape ketan memanfaatkan proses fermentasi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam ragi tape, terutama khamir *Saccharomyces cerevisiae*, kapang *Amylomyces rouxii* dan *Rhizopus* sp., serta bakteri asam laktat *Lactobacillus* sp. Mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim amilase yang menguraikan pati beras ketan menjadi gula sederhana, kemudian gula difermentasi menjadi etanol, karbon dioksida, asam organik, dan senyawa volatil yang menghasilkan rasa manis, aroma khas, serta tekstur lembut pada tape ketan.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Diartika, Sunarmi, dan Tenzer (2024) yang berjudul “Pengembangan Instrumen Tes Kognitif Tipe *Higher Order Thinking Skill* (HOTS) Mata Pelajaran Biologi Pada Materi Sistem Gerak Manusia Kelas XI IPA SMA 2 Karang Trenggalek” mengembangkan instrumen tes HOTS menggunakan model ADDIE. Hasil penelitian menunjukkan instrumen memiliki validitas isi dan konstruk sebesar 100%, kepraktisan sangat baik berdasarkan respons guru (91,67%) dan siswa (85,76%), reliabilitas tinggi (0,76), serta cukup efektif dengan rata-rata skor tes siswa 25,42 dari skor maksimal 54. Analisis tingkat kesukaran menunjukkan 80% soal berkategori sedang dan 20% berkategori sukar. Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian peneliti karena sama-sama mengembangkan instrumen tes kognitif HOTS pada mata pelajaran Biologi. Perbedaannya, penelitian peneliti mengembangkan instrumen pada materi bioteknologi dengan mengintegrasikan kearifan lokal Madiun sebagai stimulus soal, sedangkan penelitian tersebut mengembangkan instrumen pada materi sistem gerak manusia tanpa mengintegrasikan kearifan lokal.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan, Hasairin, dan Restuati (2024) yang berjudul “Pengembangan Instrumen Penilaian Hasil Belajar Bioteknologi Kelas XII SMA Berbasis HOTS dan Kemampuan Berpikir Kritis” mengembangkan instrumen penilaian menggunakan model 4D yang menghasilkan 37 soal pilihan ganda HOTS dan 5 soal uraian berpikir kritis. Hasil penelitian menunjukkan instrumen memiliki kelayakan sangat tinggi

(89,2%), dengan 37 dari 40 soal pilihan ganda valid dan reliabilitas sangat tinggi ($r = 0,845$), sedangkan 5 soal uraian valid dengan reliabilitas tinggi ($r = 0,751$). Instrumen juga memiliki tingkat kesukaran bervariasi (mudah, sedang, sukar) dan daya pembeda berkategori cukup hingga baik. Respons guru menunjukkan kategori sangat baik (82,0%), meliputi aspek isi/materi (83,3%), konstruksi (80,0%), dan bahasa (85,0%). Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian peneliti karena sama-sama mengembangkan instrumen HOTS pada materi Bioteknologi. Perbedaannya, penelitian peneliti mengintegrasikan kearifan lokal Madiun sebagai stimulus soal sehingga pembelajaran lebih kontekstual, sedangkan penelitian tersebut belum mengintegrasikan kearifan lokal.

Ketiga, penelitian oleh Farah Fidia dkk. (2022) yang berjudul “Pengembangan Instrumen Soal Higher Order Thinking Skills (HOTS) Materi Jaringan dan Organ pada Tumbuhan Kelas XI SMA” mengembangkan instrumen HOTS menggunakan model ADDIE berupa 10 soal uraian pada level kognitif C4 dan C5. Hasil penelitian menunjukkan validitas teoritis sangat valid dengan persentase aspek materi 90,67%, konstruksi 90,00%, dan bahasa 100%. Uji empiris menunjukkan 8 dari 10 soal valid dengan reliabilitas sangat tinggi (Cronbach’s Alpha = 0,818). Tingkat kesukaran terdiri atas 70% sedang dan 30% sukar, sedangkan daya pembeda meliputi 40% baik, 30% cukup, dan 30% kurang. Respons peserta didik mencapai 92% (sangat baik) sehingga instrumen dinyatakan layak digunakan. Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian peneliti karena sama-sama mengembangkan instrumen HOTS.

Perbedaannya, penelitian peneliti mengembangkan instrumen pada materi Bioteknologi dengan mengintegrasikan kearifan lokal Madiun sebagai stimulus soal, sedangkan penelitian tersebut berfokus pada materi jaringan dan organ tumbuhan tanpa mengintegrasikan kearifan lokal.

Keempat, penelitian yang dilakukan oleh Rini dan Budijastuti (2022) yang berjudul “Pengembangan Instrumen Soal HOTS untuk Mengukur Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Sistem Gerak Manusia” mengembangkan instrumen HOTS menggunakan model 4-D pada level kognitif C4, C5, dan C6 untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah. Hasil penelitian menunjukkan validitas teoritis sebesar 93,78% (sangat valid), validitas empiris sebesar 86,67% (valid), dan reliabilitas sebesar 0,612 (reliabel). Ketercapaian indikator pemecahan masalah peserta didik mencapai 53,33% (kategori cukup), sedangkan respons peserta didik terhadap instrumen sebesar 73,33% (kategori baik). Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian peneliti karena sama-sama mengembangkan instrumen HOTS. Perbedaannya, penelitian peneliti mengembangkan instrumen pada materi Bioteknologi dengan mengintegrasikan kearifan lokal Madiun sebagai stimulus soal, sedangkan penelitian tersebut berfokus pada materi sistem gerak manusia tanpa mengintegrasikan kearifan lokal.

Kelima, penelitian oleh Winanda (2022) yang berjudul “Pengembangan Soal *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada Materi IPA Kelas VIII Semester Ganjil” mengembangkan soal HOTS menggunakan metode Research and Development dengan model Borg and Gall. Hasil penelitian menunjukkan

instrumen memiliki validitas sangat tinggi, yaitu validasi ahli materi 89,58%, konstruk 92,86%, bahasa 88,89%, dengan rata-rata kelayakan 91% (sangat valid). Instrumen juga memiliki reliabilitas sangat tinggi (0,848), tingkat kesukaran didominasi kategori sedang (37 butir) dan mudah (3 butir), serta seluruh butir memiliki daya pembeda yang baik ($DP > 0,25$). Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian peneliti karena sama-sama mengembangkan instrumen soal HOTS. Perbedaannya, penelitian peneliti mengembangkan instrumen pada materi Bioteknologi dengan mengintegrasikan kearifan lokal Madiun sebagai stimulus soal, sedangkan penelitian tersebut mengembangkan soal pada materi IPA kelas VIII tanpa mengintegrasikan kearifan lokal.

C. Kerangka Berpikir

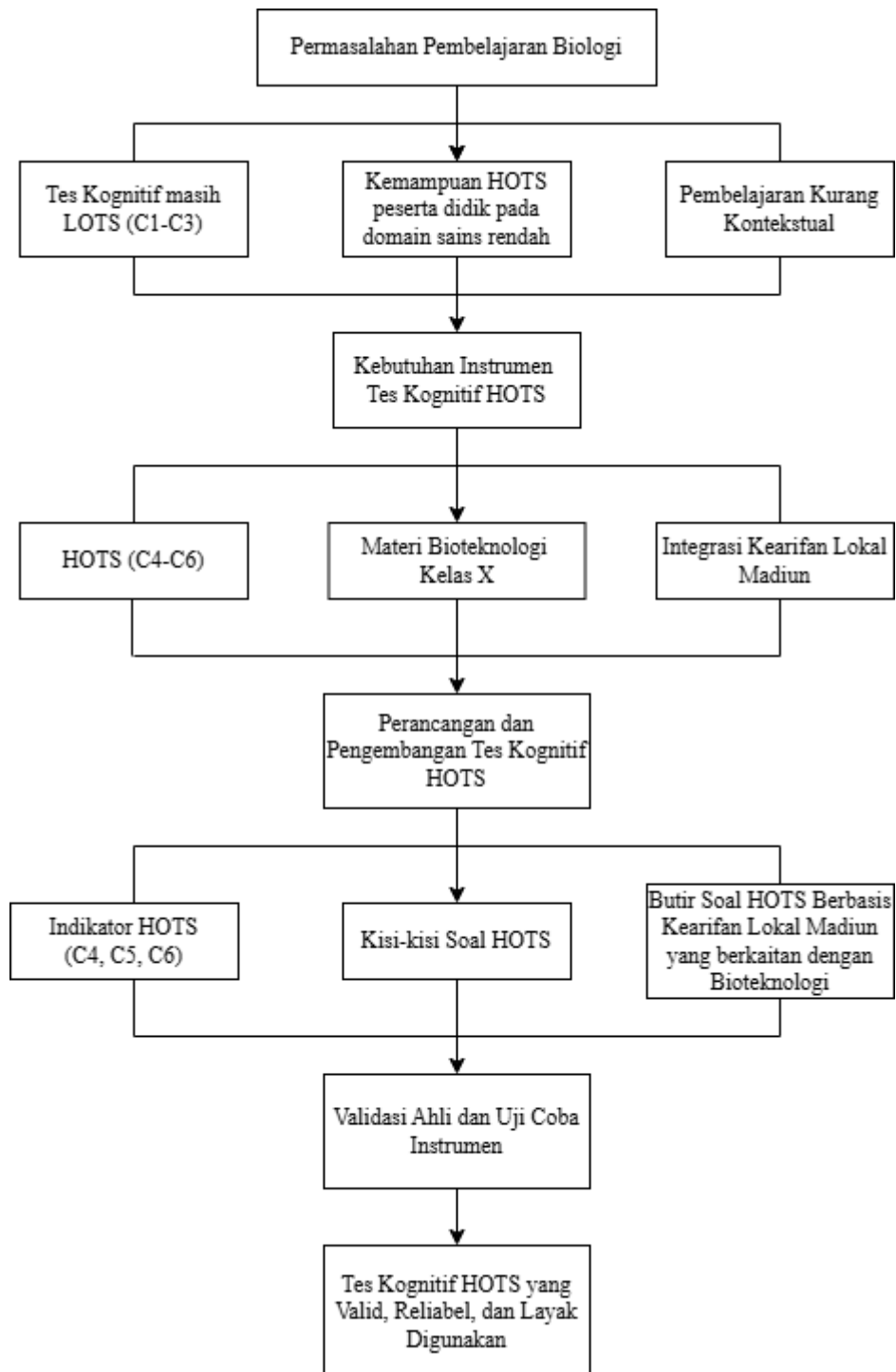
Permasalahan yang ditemukan pada subjek penelitian ini adalah instrumen penilaian atau soal yang digunakan dalam pembelajaran Bioteknologi kelas X belum dirancang secara khusus untuk mengukur dan menstimulasi keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) pada peserta didik. Soal yang tersedia masih didominasi pertanyaan tingkat rendah sehingga belum mampu melatih siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi terhadap permasalahan nyata.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti bermaksud mengembangkan tes kognitif berbasis HOTS pada materi Bioteknologi kelas X dengan memasukkan konteks kearifan lokal Madiun. Pengembangan tes berbasis HOTS ini ditujukan sebagai upaya untuk melatih sekaligus

meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik melalui soal-soal yang menantang, kontekstual, dan relevan dengan kehidupan mereka sehari-hari.

Dengan tersusunnya tes kognitif berbasis HOTS ini, diharapkan siswa tidak hanya terlatih mengerjakan soal-soal tingkat tinggi, tetapi juga merasa tertarik dan termotivasi karena materi yang diangkat terkait dengan lingkungan budaya mereka sendiri. Harapannya, ketertarikan siswa dalam mengerjakan soal berkonsep HOTS akan mempermudah proses pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah.

Produk akhir dari penelitian ini berupa soal-soal kognitif berbasis HOTS pada materi Bioteknologi kelas X yang disajikan dengan konteks kearifan lokal Madiun dan telah melalui proses validasi ahli serta uji kelayakan sehingga dapat digunakan sebagai instrumen penilaian dalam pembelajaran Biologi.



Gambar 2. 4 Kerangka Berpikir

D. Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, dimana rumusan masalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat tanya. Dikatakan sementara, karena jawaban yang diberikan baru didasarkan pada teori yang relevan, belum didasarkan pada fakta-fakta empiris yang diperoleh melalui pengumpulan data (Sugiyono, 2020). Dalam penelitian pengembangan, hipotesis dapat berupa *hypothetical construct* yang menunjukkan dugaan terhadap karakteristik produk berdasarkan landasan teoretis yang telah dibangun. Hipotesis berfungsi memperjelas hubungan konseptual antara teori dan hasil yang diharapkan, sehingga membantu peneliti menyusun arah pengembangan produk.

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan tes kognitif level *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada materi Bioteknologi kelas X berbasis kearifan lokal Madiun menghasilkan instrumen penilaian yang sesuai dengan karakteristik HOTS dan prinsip pengembangan instrumen tes yang baik.
2. Tes kognitif level *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada materi Bioteknologi kelas X berbasis kearifan lokal Madiun memenuhi kriteria kelayakan ditinjau dari aspek validitas dan reliabilitas.
3. Guru dan peserta didik memberikan respon positif terhadap tes kognitif level *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada materi Bioteknologi kelas X berbasis kearifan lokal Madiun.