

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS ADI
(*ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY*) TERINTEGRASI STEM PADA
MATERI FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
DAN BERKOLABORASI**

Tesis

Oleh

**Fitriyani
NPM 2323025002**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS ADI(*ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY*) TERINTEGRASI STEM PADA MATERI FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN BERKOLABORASI

Oleh

FITRIYANI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM pada materi fotosintesis yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik. Desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) ini merujuk pada model 4D yang terdiri dari tahap *define*, *Design*, *Development*, dan *Disseminate*. Sample penelitian ini adalah peserta didik SMA Negeri 13 Bandar Lampung kelas XII yang terdiri atas 15 peserta didik dalam uji skala kecil dan 30 peserta didik dalam uji skala besar dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Desain yang digunakan yaitu *one group pretest posttest design*. Instrumen yang digunakan meliputi kuesioner analisis kebutuhan, kuesioner validitas, kuesioner kepraktisan, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan keterampilan berkolaborasi, serta *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan uji *independent sample t-test* yang dianalisis menggunakan software SPSS versi 25.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dinyatakan sangat valid ditinjau dari aspek isi, aspek konstruksi dan aspek bahasa. Program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM pada materi fotosintesis praktis digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis ditinjau dari keterlaksanaan pembelajaran. Respon penilaian produk menunjukkan bahwa guru dan peserta didik memberikan penilaian sangat positif dengan kategori sangat tinggi. Perangkat pembelajaran efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi dengan nilai *N-gain* 0,62 dalam kategori sedang dan *effect size* sebesar 4,52 dalam kategori tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM pada materi fotosintesis yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi.

Kata Kunci: ADI, Fotosintesis, Keterampilan berpikir kritis, Keterampilan berkolaborasi, program pembelajaran, STEM,.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF ADI (ARGUMENT DRIVEN INQUIRY) LEARNING PROGRAM INTEGRATED WITH STEM ON PHOTOSYNTHESIS TO IMPROVE CRITICAL THINKING AND COLLABORATION SKILLS

By

FITRIYANI

This study aims to develop a valid, practical, and effective ADI based learning program integrated with STEM on photosynthesis to improve critical thinking and collaboration skills with students. This research and development design refers to the 4D model consisting of the stages of define, design, development, and disseminate. The sample of this study was students of SMA Negeri 13 Bandar Lampung class XII consisting of 15 students in small scale tests and 30 students in large scale tests using purposive sampling techniques. The design used was one group pretest posttest design. The instruments used included a needs analysis questionnaire, a validity questionnaire, a practicality questionnaire, an observation sheet for the implementation of learning and collaboration skills, as well as a pretest and posttest for critical thinking skills. The data analysis technique in this study used an independent sample t-test analyzed using SPSS software version 25.0. The results showed that the learning device was declared very valid in terms of content aspects, construction aspects and language aspects. The practical ADI based learning program integrated with STEM on photosynthesis was used to improve critical thinking skills in term of learning implementation. Product assessment responses indicated that teachers and students gave very positive ratings, with a very high rating. The learning tools effectively improved critical thinking and collaboration skills, with an N-gain of 0.62 in the moderate category and an effect size of 4.52 in the high category. Based on these results, the STEM integrated ADI based learning program on photosynthesis was effective in improving critical thinking and collaboration skills.

Keywords: ADI, Critical thinking skills, Collaboration skills, learning program, Photosynthesis, STEM.

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS ADI
(*ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY*) TERINTEGRASI STEM PADA
MATERI FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
DAN BERKOLABORASI**

Oleh

Fitriyani

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN IPA**

Pada

**Program Studi Pendidikan IPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN
BERBASIS *ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY*
(ADI) TERINTEGRASI STEM PADA MATERI
FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN
BERKOLABORASI**

Nama Mahasiswa : **Fitriyani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2323025002

Program Studi : Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

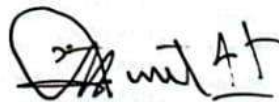
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,



Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP. 19700327 199403 2 001

Pembimbing II,



Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP. 19650616 199102 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Pendidikan MIPA



Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 19670808 199103 2 001

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan IPA



Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP. 19700327 199403 2 001

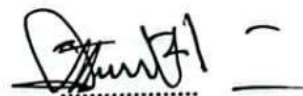
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.



Sekretaris : Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si.



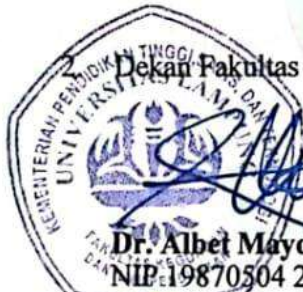
Penguji Anggota : 1. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.



2. Dr. Noor Fadiawati, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP.19870504 201404 1 001

Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP.19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 30 Januari 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Fitriyani
NPM : 2323025002
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Alamat : Jln. Lintas Sumatera Desa Tulus Ayu RT 012/RW 003
Kecamatan Belitang Madang Raya (BMR). Kabupaten
OKU Timur. Sumatera Selatan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, Januari 2026

Yang Menyatakan



Fitriyani

NPM 2323025002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Baturaja, pada tanggal 13 Mei 1988 sebagai anak ketiga dari delapan bersaudara dari pasangan Bapak Buimin (Alm) dan Ibu Sumaryatun. Penulis mengawali pendidikan formal di SD Negeri 2 Kemelak dan lulus pada tahun 2000. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 OKU dan lulus pada tahun 2003. Selanjutnya pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 OKU dan lulus pada tahun 2006.

Pada tahun 2006, penulis mendaftar ke perguruan tinggi di Universitas Lampung dengan program studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis berhasil lulus sebagai sarjana pendidikan pada tahun 2011, kemudian bekerja sebagai pendidik di Madrasah Aliyah YPI Darul Huda Lubuk Harjo, OKU Timur, dan pada tahun 2023 memutuskan untuk melanjutkan studi Magister Pendidikan IPA di Universitas Lampung.

MOTTO

“When you want something, all the universe conspires in helping you to achieve it.”

(Paulo Coelho)

“Somewhere, something incredible is waiting to be known.”

(Carl Sagan)

“Niat baik dan cita mulia tidak Menghalalkan Segala Cara”

(Fitriyani)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat-Nya dan semoga shalawat teriring salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan segala kerendahan hati, peneliti mempersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Orang tua, Ibu Sumaryatun dan Bapak Buimin (Alm) yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendo'akan serta mendukung segala bentuk perjuangan anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa merahmati langkah demi langkah yang diupayakan untuk membahagiakan kalian.
2. Suamiku, Heri Pranoto, S.P., lelaki sederhana yang mencintaiku dengan caranya yang bersahaja. Semoga Allah selalu menjaga keluarga kita selamanya.
3. Anak-anakku, Nafis Al Fahri dan Zafran Al Fatih, yang selalu mendoakan dan menghadirkan keceriaan setiap hari. Semoga Allah SWT menjaga kalian dengan sebaik-baik penjagaan.
4. Keluarga besar, kakak-kakak dan adik-adikku yang senantiasa memberikan do'a dan dukungannya, yang menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkah.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan Magister Pendidikan IPA angkatan 2023, Kakak tingkat dan adik tingkat yang telah membantu proses penyelesaian studiku.
6. Rekan guru di MA YPI Darul Huda, OKU Timur yang telah memberikan semangat dan dukungan.
7. Alamamater tercinta Universitas Lampung.
8. Kepada seluruh pihak yang terlibat, yang tidak dapat saya tuliskan satu-persatu, semoga Allah membalas dengan kebaikan berlimpah

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program Pembelajaran Berbasis *Argumen-Driven Inquiry (ADI)* Terintegrasi STEM Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis dan Berkolaborasi” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan IPA di Universitas Lampung. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
5. Ibu Prof. Dr. Neni Hasnunidah, S.Pd., M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Sekaligus Dosen Pembimbing I atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
6. Ibu Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing II, atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan dan motivasi selama penyusunan tesis ini.

7. Ibu Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., selaku Pembahas I dan atas kesediaan dan kesabarannya memberikan kritik, saran dan motivasi selama proses penyusunan tesis ini.
8. Ibu Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Pembahas II atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, kritik, dan saran selama proses penyusunan tesis ini.
9. Ibu Dr. Dewi Lengkana, M.Sc., selaku Validator produk, atas kesediaan serta kesabarannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi selama proses penyusunan tesis ini.
10. Ibu Dr. Pramita Sylvia Dewi, M.Pd., selaku Validator produk, atas kesediaan serta kesabarannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi selama proses penyusunan tesis ini.
11. Ibu Noven Kusainun, M.Pd., selaku Validator produk atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
12. Bapak Febriansyah S.Pd., selaku Kepala Sekolah SMA Negeri 13 Bandar Lampung, yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian tesis ini.
13. Peserta didik kelas XIIA SMA Negeri 13 Bandar Lampung, selaku subjek penelitian tesis.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat, hidayah, dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis dan semoga tesis ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Bandar Lampung, Januari 2026

Fitriyani

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Teori konstruktivisme	10
2.2 Teori Pembelajaran Bermakna.	14
2.3 Program pembelajaran.	15
2.4 Keluasan dan Kedalaman Materi.....	17
2.5 Model Pembelajaran ADI.....	19
2.6 Pendekatan STEM	23
2.7 Keterampilan Berpikir Kritis.....	29
2.8 Keterampilan Berkolaborasi.....	31
2.9 Kerangka Pemikiran	34
2.10 Penelitian yang Relevan.....	37
III. METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Desain Penelitian Pengembangan	39
3.2 Alur Penelitian Pengembangan.....	40
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	41
3.4 Instrumen Penelitian	57
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	57
3.6 Teknik Analisis Data.....	58
IV. HASIL PENELITIAN.....	77
4.1 Hasil Penelitian	77
4.2 Pembahasan	110
4.2.1 Validitas Produk	111
4.2.2 Kepraktisan Produk.....	113

4.2.3 Efektifitas Produk.....	115
V. KESIMPULAN DAN SARAN	117
5.1 Kesimpulan	117
5.2 Saran	118

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Keluasan dan kedalaman materi.....	22
2. Skenario Pembelajaran	30
3. Indikator keterampilan berkolaborasi... ..	42
4. Penelitian yang relevan	43
5. Kisi-kisi angket analisis kebutuhan guru.....	45
6. Kisi-Kisi angket analisis peserta didik	46
7. Indikator KBK.....	49
8. Kisi-kisi media Pembelajaran.....	51
9. Rancangan format program pembelajaran.....	52
10. Story board LKPD.....	53
11. Kisi-kisi lembar Validasi konstruksi.....	56
12. Kisi-kisi lembar Validasi isi	58
13. Kisi-kisi lembar Validasi bahasa	59
14. Jenis dan Teknik Pengumpulan Data... ..	61
15. Analisis kebutuhan peserta Didik... ..	62
16. Respon guru terhadap program pembelajaran... ..	63
17. Respon Peserta didik... ..	64
18. Rincian Instrumen pada tahap desain... ..	65
19. Rincian Instrumen pada tahap develop.....	65
20. Rincian Instrumen validasi ahli.....	66
21. Rincian analisis data kuantitatif.....	69
22. Rincian analisis kelayakan dan kepraktisan... ..	70
23. Analisis Keefektifan	70
24. Teknik Analisis data angket analisis kebutuhan guru dan siswa.....	71
25. Teknik Analisis data validasi ahli.....	72
26. Tabel penskoran pada angket guru	73
27. Penskoran pada angket respon guru berdasarkan skala Likert 4.....	74
28. Kriteria respon guru dan peserta didik	74
29. Keterlaksanaan sintaks	75
30. Kriteria tingkat keterlaksanaan	77
31. Makna koefisien korelasi <i>product moment</i>	78
32. Tafsiran reliabilitas soal	78
33. Kategori N-gain	79
34. Nilai <i>efect size</i>	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	36
2. Desain Pengembangan 4D menurut Thiagarajan	39
3. Diagram Alur Tahapan Penelitian dan Pengembangan.....	40
4. Tampilan Cover Modul Ajar	60
5. Hasil analisis angket guru.....	78
6. Sumber LKPD.....	79
7. Hasil analisis peserta didik.....	80
8. Sumber LKPD yang digunakan	80
9. Peta konsep fotosintesis.....	84
10. Tampak muka cover modul ajar	93
11. Keterampilan berpikir kritis per indikator	121
12. Peserta didik pada fase <i>identification of task</i>	130
13. Hasil rumusan masalah.....	130
14. Peserta didik mengumpulkan data pada fase <i>data generation</i>	131
15. Peserta didik mengidentifikasi tugas	132
16. Peserta didik pada fase <i>argumentation session</i>	133
17. Peserta didik pada fase <i>creation of an investigation report</i>	134
18. Peserta didik mereview laporan rekan sejawat pada fase <i>double blind peer review</i>	134

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Modul Pembelajaran Fotosintesis	146
2. LKPD Fotosintesis	164
3. <i>Handout</i> Fotosintesis.....	183
4. Kisi-Kisi Instrumen Soal	196
5. Instrumen Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	197
6. Lembar Validasi Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	202
7. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Soal.....	206
8. Lembar Hasil Validasi Modul Pembelajaran	209
9. Lembar Hasil Validasi Media dan Desain	219
10. Lembar Hasil Validasi Isi/Materi	225
11. Lembar Hasil Keterbacaan	236
12. Lembar Hasil Kemenarikan	238
13. Lembar Hasil Keterlaksanaan.....	241
14. Hasil Pretest dan Posttest Peserta Didik.....	245
15. Rekapitulasi Hasil Pretest dan Posttest	247
16. Hasil Uji Normalitas.....	249
17. Hasil Uji N-Gain	250
18. Hasil Analisis N-Gain Per Indikator	251
19. Hasil Uji Beda Rata-Rata	261
20. Hasil Uji T-Tail dan Effect Size	262
21. Angket Kebutuhan Guru	263
22. Angket Kebutuhan Peserta Didik.....	272
23. Surat Izin Penelitian	276
24. Surat Balasan Penelitian	277

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia pendidikan pada abad ke-21 dihadapkan pada perubahan yang sangat cepat dan dinamis, hal ini terjadi seiring dengan perkembangan teknologi, globalisasi, dan kompleksitas masalah yang dihadapi oleh manusia. Keterampilan yang dibutuhkan dalam dunia kerja dan kehidupan sehari-hari tidak lagi terbatas pada penguasaan pengetahuan akademik, tetapi juga meliputi kemampuan berpikir kritis, berinovasi, dan memecahkan masalah. Untuk itu peserta didik perlu dibekali dengan keterampilan, pengetahuan, dan wawasan untuk mengembangkan potensi mereka sehingga mampu bersaing dalam menghadapi globalisasi dan terlibat dalam pembangunan dan perbaikan bangsa serta tidak tertinggal oleh negara-negara lain. Tujuan ini akan dapat dicapai jika proses pendidikan dilaksanakan dengan baik (Sugiharti, 2021).

Ada enam kompetensi yang harus dimiliki seseorang pada abad ke-21 yang dikenal sebagai “*The 6Cs*” yaitu *critical thinking, creativity, communication, collaboration, Computational thinking and Compassion*” (Arisoy & Aybek, 2021). Berpikir kritis adalah berpikir secara beralasan dan reflektif dengan menekankan pada pembuatan keputusan tentang apa yang harus dipercayai atau dilakukan (Ennis, 1962). Keterampilan ini meliputi kemampuan untuk menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, menyusun kesimpulan yang logis, serta menyelesaikan masalah secara efektif (Facione, 2010). Dengan berkembangnya informasi yang begitu cepat dan banyaknya data yang tersedia, keterampilan berpikir kritis sangat penting agar peserta didik mampu membedakan antara informasi yang valid dan yang tidak, serta mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis yang mendalam

Berdasarkan data dari OECD (*Organisation For Economic Cooperation and Development*) yang secara berkala melakukan *Programme for International Student Assessment* (PISA) setiap tiga tahun sekali untuk anak usia 15 tahun menemukan fakta bahwa pada tahun 2018 Indonesia berada pada urutan 74 dari 79 negara dengan nilai rata-rata 489 (OECD, 2018). Posisi Indonesia pada tahun 2018 untuk membaca berada di peringkat 72 dari 77 negara, dan sains berada di peringkat 70 dari 78 negara (OECD, 2018). Hal tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran sains di Indonesia masih tergolong rendah sehingga keterampilan berpikir kritisnya juga terindikasi rendah. Hal ini didukung oleh temuan dari Nurita dkk. (2023) yang menyatakan bahwa peserta didik yang terlibat dalam pembelajaran sains berbasis kearifan lokal menunjukkan tingkat berpikir kritis yang rendah, dengan persentase keseluruhan sebesar 51%. Guru saat ini cenderung fokus pada transfer pengetahuan, menawarkan kesempatan terbatas bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis (Rahardhian, 2022).

Faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya keterampilan berpikir kritis ini antara lain disebabkan kuatnya pandangan bahwa kemampuan berpikir peserta didik secara otomatis akan berkembang setelah peserta didik menguasai semua materi pelajaran, dan pendidikan berpikir kritis baru dapat diajarkan pada pendidikan tingkat lanjut (Marzano, 1992). Selain itu, dalam pelaksanaan pembelajaran peserta didik hanya memperoleh informasi searah tanpa melalui kegiatan pengamatan dan diskusi. Hal tersebut menyebabkan peserta didik tidak terlatih untuk mengidentifikasi suatu masalah dan kurang berani mengutarakan ide atau gagasan, sehingga keterampilan berpikir kritisnya tidak berkembang (Fadlina, 2021).

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang keterampilan berpikir kritis peserta didik di Indonesia pada pembelajaran sains di SMA/MA kelas XII diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik tersebut masih rendah. Hal ini terlihat dari penelitian yang dilakukan oleh Sugiharti (2021) yang menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA

Muhammadiyah Kota Surabaya pada pembelajaran biologi mencapai nilai 51,85 dengan kategori rendah. Susilowati (2017) juga menyatakan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik di Madrasah Aliyah Negeri di Magetan masih rendah. Begitu pula dengan hasil penelitian Dwiyantri (2017) yang menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik di MAN 1 Banyuwangi tergolong rendah.

Kondisi keterampilan berpikir kritis di Indonesia yang masih rendah tersebut menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik belum optimal. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis perlu distimulasi. Menurut Fitriani (2020), stimulus ini tidak dapat dilakukan dalam suasana, strategi, dan model pembelajaran konvensional. Keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat berkembang jika guru dalam kegiatan belajar mengajar secara periodik melatih keterampilan berpikir kritis dalam setiap langkah pembelajaran yang nantinya akan berguna bagi bekal hidup mereka (Buffington, 2007). Chukwuyenum (2013) menyatakan bahwa dalam proses pembelajaran hendaknya menerapkan kegiatan yang melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik untuk memberikan kesempatan peserta didik mengasah keterampilan berpikir kritis mereka.

Keterampilan berpikir kritis berhubungan erat dengan keterampilan berkolaborasi dan keduanya sering dianggap sebagai fondasi utama dalam kompetensi abad ke-21. Seseorang tidak bisa menjadi kolaborator yang efektif jika Anda tidak bisa berpikir jernih (kritis), dan pemikiran kritis Anda akan terbatas jika Anda tidak mau mengujinya dengan orang lain (kolaborasi). Keduanya harus dilatih secara bersamaan untuk menciptakan kinerja yang optimal, baik dalam pendidikan maupun dunia kerja. Dengan demikian, selain berpikir kritis, keterampilan berkolaborasi juga perlu untuk dilatih. Keterampilan berkolaborasi berkaitan dengan belajar merencanakan dan bekerja sama, mempertimbangkan berbagai perspektif dan berpartisipasi dalam suatu wacana dengan berkontribusi, mendengarkan atau bahkan mendukung orang lain (Greenstein, 2012). Keterampilan berkolaborasi menekankan pada kemampuan untuk bekerja secara efektif dalam sebuah tim

yang bersifat fleksibel yang disertai keinginan untuk saling membantu dan mencapai tujuan bersama.

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik sekaligus adalah model *Argument-Driven Inquiry* (ADI). ADI adalah model yang menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Model ini memberi peserta didik lebih banyak kesempatan untuk mengkonstruksi pengetahuan dan penjelasan ilmiah melalui *self-inquiry* (Kumdang, 2018). Model pembelajaran ADI memiliki 8 tahapan yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data, produksi argument tentatif, sesi argumentasi, penyusunan laporan investigasi, peninjauan teman sejawat, revisi laporan investigasi, dan 8) diskusi reflektif (Walker and Sampson *et al.*, 2012). Model ADI memberi peserta didik kesempatan untuk merancang, meneliti dan menemukan hasil sendiri, serta terlibat dalam proses argumentasi di mana mereka dapat berbagi dan mendukung ide-ide mereka. Metode ini terdiri dari ulasan sejawat yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, sehingga memberi peserta didik kesempatan untuk melihat dan memperbaiki kekurangan mereka (Demircioglu, 2015).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penggunaan model ADI masih berada pada kategori sedang dan rendah (Nastiti, 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Vitania *et al.*, (2025) yang menunjukkan bahwa penerapan model ADI menghasilkan *N-gain* keterampilan berpikir kritis sebesar 0,55 termasuk dalam kategori sedang. Demikian pula penelitian yang dilakukan Suganda *et al.* (2023), dalam konteks ADI menunjukkan bahwa nilai *N-gain* keterampilan berpikir kritis siswa sebesar 0,24, yang menurut kriteria Hake termasuk dalam kategori rendah, oleh karena itu dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang mampu mendukung model ADI agar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik menjadi lebih baik lagi, dan pendekatan yang dimaksud adalah pendekatan STEM.

Pendidikan STEM mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk menumbuhkan pemikiran interdisipliner. Integrasi ADI dan STEM memberikan model instruksional sinergis yang menggabungkan tuntutan kognitif yang tinggi dari argumentasi ilmiah dengan struktur sosial yang interaktif. Hasnunidah *et al.* (2022) mengonfirmasi bahwa integrasi ini mempromosikan komunikasi ilmiah, kreativitas, dan analisis kritis. Inti dari ADI adalah mengharuskan peserta didik membangun argumen ilmiah berdasarkan data empiris. Dalam konteks STEM, siswa harus merancang eksperimen, menganalisis data fermentasi, dan menjustifikasi kesimpulan mereka tentang konsentrasi atau variabel yang paling efektif. Peserta didik didorong untuk mengevaluasi klaim ilmiah, bukan sekadar menerima informasi. Proses ini melatih penalaran ilmiah (*scientific reasoning*) di mana mereka harus menghubungkan konsep abstrak dengan bukti nyata yang mereka kumpulkan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Manthetsawan dan Suppapittayaporn (2025) yang menemukan bahwa penerapan ADI pada materi atmosfer dan cuaca pada siswa kelas 7 meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menyusun klaim ilmiah berbasis bukti serta alasan yang logis dalam tes penalaran ilmiah.

Kolaborasi dalam ADI terintegrasi STEM bukan sekadar kerja kelompok biasa, melainkan interaksi terstruktur yang mewajibkan adanya pertukaran ide dan kritik yang konstruktif. Sifat STEM yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu menantang siswa untuk bekerja sama menggunakan pengetahuan kolektif mereka secara kreatif untuk memecahkan masalah praktis yang tidak bisa diselesaikan secara individu dengan mudah.

Meskipun banyak penelitian mendukung integrasi ADI dan STEM, namun masih sedikit guru yang menerapkannya dalam pembelajaran Biologi di SMA Indonesia, khususnya di Provinsi Lampung. Berdasarkan hasil studi pendahuluan kepada 33 guru Biologi di provinsi Lampung, diketahui bahwa sebanyak 40% responden telah mengetahui tentang model pembelajaran ADI terintegrasi STEM. Sebanyak 80% responden belum menerapkannya karena beranggapan bahwa model ADI memerlukan waktu yang cukup panjang

dalam prosesnya. Sebanyak 20 % responden yang telah menerapkan model ADI merasa kesulitan dalam menerapkan sintaks ADI yang diintegrasikan dengan STEM. Selain itu, berdasarkan hasil survey kepada 112 peserta didik SMA di provinsi Lampung, diketahui sebanyak 31,25% peserta didik menyatakan bahwa metode yang digunakan oleh guru adalah ceramah, 16% diskusi, dan 53,57% eksperimen. Hanya 10% guru yang sudah menggunakan LKPD berbasis ADI terintegrasi STEM. Seluruh pendidik setuju jika ada pengembangan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik, khususnya pada materi fotosintesis.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dan sebagai salah satu upaya untuk memberikan solusi atas masalah yang dipaparkan, maka dilakukan pengembangan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik pada materi fotosintesis.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kevalidan Program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan Program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik?
3. Bagaimana keefektivan Program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah:

1. Mendesain dan mengembangkan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik.
2. Menguji kepraktisan program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM yang dikembangkan, ditinjau dari kemudahan penggunaan dan keterlaksanaan oleh guru dan peserta didik di kelas.
3. Menganalisis efektivitas program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat, khususnya bagi:

1. Pendidik, memberikan alternatif bagi pendidik untuk menggunakan program model ADI dan STEM yang menarik dan kontekstual sehingga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan aktif peserta didik di kelas.
2. Peserta didik, beralih dari penerima informasi pasif menjadi peneliti aktif. Mereka didorong untuk mengajukan pertanyaan, merancang prosedur penyelidikan, dan membangun pengetahuan mereka sendiri.
3. Peneliti, mendapatkan pengalaman langsung dalam melaksanakan seluruh tahapan penelitian R&D (dari analisis kebutuhan, desain, pengembangan, validasi, hingga uji coba lapangan) pengembangan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi peserta didik.
4. Peneliti lainnya, menjadi sumber referensi empiris mengenai efektivitas dan tantangan dalam mengintegrasikan dua model/pendekatan kompleks yaitu Model ADI dan Pendekatan STEM.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari anggapan yang berbeda terhadap masalah yang dibahas, maka peneliti membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Program pembelajaran yang dimaksud dalam penelitian ini adalah rangkaian kegiatan pendidikan yang terstruktur yang dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu. Luarannya adalah silabus mata pelajaran, modul ajar, materi ajar berupa LKPD, dan instrumen penilaian.
2. Model pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974) dengan 4 tahapan yaitu pen-
definisian (*Define*); perancangan (*Design*); pengembangan (*Develop*); dan pengembangan tahap akhir (*Disseminate*).
3. Sintaks model ADI yang digunakan diadopsi dari Sampsons *et al.* (2016) dengan langkah-langkah pembelajaran, yaitu: identifikasi tugas, merancang metode dan mengumpulkan data, membuat argumen tentatif, sesi argumentasi, penulisan laporan investigasi, *double-blind peer review*, revisi laporan, dan diskusi eksplisit dan reflektif tentang penyelidikan.
4. Penekanan Integrasi STEM dengan ADI, yaitu; *Science*, terjadi pada tahap 1, 3, 7, dan 8 ketika peserta didik menerapkan konsep ilmiah untuk mema-hami fenomena dan mengembangkan argumen; *Technology*, terintegrasi pada tahap 2 saat peserta didik menggunakan alat atau teknologi digital untuk pengumpulan, analisis, atau visualisasi data; (3) *Engineering*, terintegrasi pada tahap 1 dan 2, di mana masalah seringkali disajikan sebagai tantangan rekayasa, dan siswa harus merancang solusi atau metode penyelidikan; (4) *Mathematics*, terintegrasi pada tahap 2 dan 3 ketika peserta didik menggunakan keterampilan matematika (statistik, grafik, perhitungan) untuk menganalisis dan menginterpretasikan data kualitatif/kuantitatif.
5. Indikator keterampilan berpikir kritis yang diteliti adalah: Memberikan penjelasan sederhana (*elementry clarification*), membangun keterampilan dasar (*basic support*), penarikan kesimpulan (*inference*), memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*)serta mengatur strategi dan

taktik (*strategies and tactics*).

6. Indikator keterampilan berkolaborasi yang diteliti meliputi: partisipasi, kepemimpinan, mendengar, umpan balik, kerja sama, dan manajemen waktu.
7. Tingkat validitas program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM dalam penelitian ini meliputi aspek konstruksi, isi dan bahasa. Kriteria tercapainya kelayakan produk meliputi standar valid adalah 75% bahwa program ajar layak digunakan.
8. Tingkat kepraktisan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM dalam penelitian ini meliputi indikator aspek kemenarikan yaitu pada desain dan tampilan, motivasi belajar, dan kegiatan dalam program pembelajaran. Kriteria ketercapaian kepraktisan produk dengan standar praktis adalah 75% pendidik dan peserta didik menyatakan bahwa program pembelajaran menarik.
9. Tingkat efektivitas program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM ditinjau dari nilai *N-gain* keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi, apabila 75% peserta didik memiliki skor kategori sedang hingga tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Teori belajar konstruktivisme merupakan salah satu aliran filsafat yang menjelaskan bahwa seseorang dapat membangun (konstruksi) pengetahuannya sendiri melalui proses belajar yang dilakukannya sendiri tanpa dituntun orang lain (Setianingsih & Subrata, 2023). Menurut Glaserfeld (2019), dalam membangun pengetahuan diperlukan beberapa kemampuan sebagai berikut : 1) kemampuan mengingat dan menjelaskan lagi pengalaman, 2) kemampuan membandingkan, mengambil keputusan mengenai persamaan dan perbedaan, 3) kemampuan untuk lebih menyukai pengalaman yang satu daripada yang lain. Kemampuan untuk mengingat dan menjelaskan kembali pengalaman sangat penting karena pengalaman dibentuk oleh interaksi dengan pengalaman-pengalaman tersebut. Kemampuan membandingkan sangat penting untuk menarik sifat yang lebih umum dari pengalaman khusus serta melihat persamaan dan perbedaannya untuk dapat membentuk klasifikasi dan membangun suatu pengetahuan. Kemampuan untuk lebih menyukai pengalaman yang satu daripada yang lain karena terkadang orang lebih menyukai pengalaman tertentu daripada yang lain (Sariani et al., 2021).

Teori belajar konstruktivisme memberikan kebebasan kepada para siswa untuk mencari informasi yang secara aktif. Dalam menemukan kemampuan diri para siswa harus dapat menemukan pengetahuan, kompetensi, dan teknologi yang diperlukan secara mandiri (Hein, 2018). Pembelajaran yang bersifat konstruktif menjadikan guru bukan sebagai satu-satunya sumber belajar, melainkan hanya membantu dan membimbing para peserta didik untuk memahami suatu konsep. Peserta didik mendapatkan pengetahuan melalui penalaran, sehingga peserta didik paham dengan apa yang mereka pelajari (Glaserfeld, 2019).

Hal yang terpenting dalam teori konstruktivisme adalah bahwa dalam proses pembelajaran, peserta didik yang harus aktif mengembangkan pengetahuan

mereka, bukan pengajar atau orang lain (Tamrinet al., 2011). Prinsip-prinsip pemikiran konstruktivisme yang disampaikan oleh Hein (2018) yaitu: 1) belajar adalah proses aktif dimana siswa harus melakukan sesuatu, 2) orang yang belajar harus mampu memberi makna pada apa yang telah dipelajari, 3) pengalaman langsung sangat diperlukan dalam proses pembelajaran, 4) bahasa yang digunakan akan mempengaruhi pembelajaran, 5) belajar adalah kegiatan sosial dimana terdapat keterkaitan yang erat antara siswa dengan guru, sesama peserta didik, termasuk lingkungan keluarga dan masyarakat, 6) belajar bersifat kontekstual, dalam hal ini peserta didik tidak dapat memisahkan proses belajar dengan fenomena kehidupan sehari-hari, 7) pengetahuan baru perlu dikaitkan dengan pengetahuan sebelumnya, 8) belajar tidak dapat dilakukan secara instan, melainkan memerlukan waktu dan proses, 9) kunci dari pembelajaran adalah motivasi.

Menurut pandangan konstruktivisme, lingkungan belajar sangat berperan dalam menghadirkan berbagai pandangan dan interpretasi terhadap realita, konstruksi pengetahuan, dan aktivitas-aktivitas lain yang didasarkan pada pengalaman (Khoirotunnisa, 2022). Lingkungan belajar yang bersifat konstruktivistik menekankan pemberian kesempatan pada peserta didik untuk mengintegrasikan pengetahuan awal dan pengalaman mereka dalam proses konstruksi pengetahuan baru (Jonassen & Rohrer, 1999). Lima indikator inti dalam lingkungan belajar konstruktivistik yaitu : 1) memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan peserta didik, 2) relevansi dan kebermaknaan pengalaman belajar, 3) hakikat sains dan dilema dalam perubahan konseptual, 4) otonomi dalam pengelolaan lingkungan belajar, 5) interaksi sosial (Amelia & Rusman, 2022). Teori konstruktivisme yang populer ditemukan oleh Jean Piaget dan Lev Vigotsky.

1. Konstruktivisme Jean Piaget

Piaget dikenal sebagai salah satu tokoh psikologi yang mengawali pendekatan konstruktivisme sebagai teori pembelajaran. Pandangannya mengenai hal ini dikenal dengan teori *Individual Cognitive Constructivist* yang dikemukakan pada tahun 1977. Menurut Piaget, manusia mempunyai struktur pengetahuan dalam otaknya, seperti kotak-kotak yang mempunyai makna di setiap ruangnya.

Pengalaman yang sama bagi seseorang akan dimaknai berbeda oleh individu berbeda dan disimpan dalam kotak yang berbeda. Setiap pengetahuan baru akan dihubungkan dengan pengetahuan yang telah terstruktur dalam otak. Oleh karena itu, ketika seseorang belajar di dalam dirinya terjadi proses organisasi dan proses adaptasi (Wastyani, 2021). Menurut Piaget, setiap anak sudah memiliki struktur kognitif yang kemudian dinamakan “skema”. Skema terbentuk karena pengalaman. Semakin dewasa anak, akan semakin sempurna skema yang dimilikinya. Proses penyempurnaan skema dilakukan melalui proses asimilasi dan akomodasi (Hanafi, 2019).

Proses asimilasi yaitu proses penyerapan informasi baru dalam pikirannya, sedangkan akomodasi adalah penyusunan kembali pola pikiran karena adanya informasi baru yang didapatkan, sehingga informasi itu mempunyai tempat. Selain itu, akomodasi merupakan proses pembentukan mental baru yang cocok dengan rangsangan baru atau memodifikasi skema pemahaman yang sudah ada sehingga cocok dengan rangsangan itu (Nasir, 2022). Proses asimilasi merupakan proses kognitif dan penyerapan beberapa pengalaman baru ketika seseorang mampu memadukan persepsi atau stimulus ke dalam skema perilaku yang sudah ada (Putra, 2022).

2. Konstruktivisme Lev Vigotsky

Salah satu konsep dasar dari konstruktivisme dalam belajar adalah interaksi sosial antara individu dengan lingkungannya. Menurut Vigotsky belajar merupakan psikososial sebagai proses yang lebih tinggi dan esensinya berkaitan dengan lingkungan sosial budaya (Wastyani, 2021). Sehingga munculnya perilaku seseorang karena intervening kedua elemen tersebut. Pada saat seseorang mendapatkan stimulus dari lingkungannya, ia akan menggunakan alat inderanya untuk menyerap stimulus tersebut, kemudian dengan menggunakan saraf otaknya informasi yang diterima akan di proses (Sariani et al., 2021). Keterlibatan alat indera dalam menyerap stimulus dan saraf otak dalam mengelola informasi yang diperoleh merupakan proses secara fisik psikologi sebagai elemen dasar dalam belajar (Haryanto, 2020). Pengetahuan yang telah masuk sebagai hasil dari proses elemen dasar ini akan lebih berkembang ketika mereka berinteraksi dengan

lingkungan sosial budaya mereka (Faqumaia, 2020). Oleh karena itu Vigotsky menekankan pada peran interaksi sosial sebagai proses pengembangan belajar seseorang.

Belajar dimulai ketika seorang anak dalam perkembangan *Zone Proximal*, yaitu suatu tingkat yang dicapai oleh seorang anak ketika ia melakukan perilaku sosial. Dalam pembelajaran, *zone proximal* dapat dipahami pula sebagai selisih antara apa yang bisa dikerjakan seseorang dengan kelompoknya dan dengan bantuan orang dewasa (Sariani, 2021). Menurut Vigotsky fungsi mental tingkat tinggi biasanya ada dalam percakapan dan kerjasama diantara individu-individu (proses sosialisasi) sebelum akhirnya hal itu berada dalam diri individu (internalisasi) (Wibowo, 2020). Oleh karena itu, ketika seseorang berbagi pengetahuan dengan orang lain, dan akhirnya pengetahuan itu masuk menjadi pengetahuan personal, disebut sebagai *proximal*.

Vigotsky menjelaskan bahwa adanya kesadaran dari sosialisasi tersebut. Dalam belajar bahasa misalnya, ucapan pertama kita dengan orang lain bertujuan untuk komunikasi. Tetapi sekali kita menguasainya, ucapan tersebut akan terinternalisasi dalam diri kita dan menjadi “*inner Speech*” atau “*private speech*”. *Private speech* ini dapat diamati ketika saat seorang anak kecil berbicara dengan dirinya sendiri, terutama jika dihadapkan dengan permasalahan yang sulit. Namun demikian, sebagaimana studi-studi yang dilakukan, anak-anak yang sering menggunakan *private speech* dalam mengatasi persoalan lebih efektif memecahkan masalahnya daripada yang tidak menggunakan *private speech* (Sariani *et al.*, 2021).

Teori konstruktivisme memiliki karakteristik atau ciri-ciri tersendiri, antara lain: mengembangkan alternatif strategi untuk memperoleh dan menganalisis informasi, kemungkinan multiperspektif dalam proses pembelajaran, peran utama siswa dalam proses pembelajaran, penggunaan *scaffolding* dalam pembelajaran, pendidik lebih bersifat sebagai tutor, fasilitator dan mentor, serta kegiatan dan evaluasi pembelajaran otentik (Efgivia *et al.*, 2021). Oleh karena itu, dalam proses pembelajaran konstruktivisme berpusat pada siswa, guru memberikan kesempatan

kepada siswa untuk melakukan proses pemecahan masalah, proses penemuan, interaksi sosial, dan pengetahuan atau pemahaman baru. Prinsip teori konstruktivisme yang diterapkan dalam proses pembelajaran meliputi beberapa hal berikut: 1) pengetahuan dibangun oleh siswa itu sendiri, 2) pengetahuan tidak dapat ditransfer dari guru ke siswa, kecuali hanya melalui aktivitas penalaran siswa itu sendiri, 3) siswa aktif mengkonstruksi secara terus menerus, sehingga selalu terjadi perubahan konsep ilmiah, 4) guru hanya membantu memberikan saran dan situasi agar proses konstruksi berjalan lancar, 5) Menangani permasalahan yang relevan dengan siswa, 6) struktur pembelajaran seputar konsep pokok pentingnya suatu pertanyaan (Efgivia *et al.*, 2021). Dengan demikian, teori belajar ini sangat cocok jika diterapkan dengan model pembelajaran ADI, sebab keduanya menekankan pada *student centered* dan menemukan sendiri konsep pengetahuan sesuai dengan ide dan pengalamannya.

2.2 Teori Belajar Bermakna

Pembelajaran bermakna mengacu pada tindakan berpikir tingkat tinggi melalui keterlibatan intelektual yang menggunakan pengenalan pola dan asosiasi konsep yang mencakup berpikir kritis dan kreatif, penyelidikan, pemecahan masalah, wacana kritis dan keterampilan metakognitif. Pembelajaran bermakna merupakan suatu proses menghubungkan informasi yang dipelajari sepenuhnya dan telah dengan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang untuk mendapatkan pemahaman lebih lanjut (Ausubel, 1963). Pembelajaran bermakna diawali dengan pengamatan. Artinya, konstruksi. Pengetahuan dimulai dengan pengamatan dari peristiwa dan objek melalui konsep-konsep yang sudah dimiliki. Dalam pembelajaran bermakna, seseorang harus menghubungkan pengetahuan baru pada konsep yang relevan dengan apa yang telah mereka ketahui, dengan kata lain bahwa pengetahuan baru harus berinteraksi dengan struktur kognitif pembelajar.

Belajar sendiri berhubungan dengan cara informasi itu disajikan kepada peserta didik melalui penerimaan dan penemuan serta berhubungan dengan cara peserta didik menghubungkan informasi tersebut ke dalam struktur kognitifnya dalam

bentuk fakta, konsep dan generalisasi yang telah dipelajari dan diingat siswa (Ausubel *et al.*, 1961). Dengan demikian, terdapat 3 persyaratan yang diperlukan agar berlangsungnya suatu pembelajaran bermakna menurut Sarid (2018) yaitu: Materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial artinya, materi harus memiliki kebermaknaan logis, konsisten dengan yang telah diketahui siswa, dan sesuai dengan tingkat perkembangan dalam struktur kognitif peserta didik, harus memiliki konsep dan proporsi yang relevan dalam struktur kognitifnya dan peserta didik harus memilih untuk menghubungkan dan menginterpretasikan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki yang relevan dalam struktur kognitifnya.

2.3 Program Pembelajaran

Program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan belajar yang direncanakan meliputi kegiatan belajar, mengajar, dan penilaian. Program pembelajaran berarti kegiatan pembelajaran yang berurutan, terkait pengimplementasian kurikulum, yang mengarah pada pencapaian kualifikasi tertentu (Saqa, 2000). Program pembelajaran adalah implementasi atau wujud nyata dari desain pembelajaran. Ini adalah rangkaian kegiatan pendidikan yang terstruktur yang dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu.

Sebuah program pembelajaran memberikan dasar untuk proses pembelajaran yang kohesif dan terintegrasi dengan menguraikan proses pembelajaran dan penilaian (dan itu dapat menjadi bagian dari strategi penyampaian dan penilaian yang lebih besar) (College, 2021). Program pembelajaran bersifat konkret dan operasional, menyangkut apa yang dialami dan dilakukan peserta didik. Dengan demikian, program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan pembelajaran yang berurutan dalam mengimplementasikan kurikulum meliputi kegiatan belajar, mengajar, dan penilaian sebagai dasar untuk proses pembelajaran yang kohesif dan terintegrasi. Program pembelajaran dalam Kurikulum merdeka dapat berupa modul ajar dan LKPD.

Modul ajar adalah rancangan implementasi dari alur tujuan pembelajaran yang dikembangkan dari capaian pembelajaran, yang dilengkapi dengan langkah

pembelajaran, rencana asesmen, hingga sarana yang dibutuhkan dalam menjalankan pembelajaran secara terorganisir. Modul ajar sejatinya merupakan bentuk penerapan Alur tujuan pembelajaran (ATP) yang dikembangkan dari Capaian pembelajaran (CP) dan dilengkapi dengan langkah-langkah pembelajaran, rencana asesmen, hingga sarana yang dibutuhkan agar dapat menjalani pembelajaran yang lebih terorganisir.

Lembar kerja siswa (LKPD) merupakan perangkat pembelajaran yang digunakan untuk menemukan konsep baik itu melalui teori, demonstrasi ataupun penyelidikan yang disertai dengan petunjuk yang jelas dengan mengacu pada capaian pembelajaran yang telah ditentukan (Firdaus, 2018). LKPD dapat menjadi sarana untuk mempermudah kegiatan pembelajaran sehingga dapat terbentuk interaksi yang efektif antara peserta didik dan pendidik serta dapat meningkatkan aktivitas dan hasil belajar peserta didik (Umbaryati, 2021). Kegiatan yang sudah tersusun dalam LKPD biasanya meliputi kegiatan pengamatan, eksperimen, atau pengajuan pertanyaan.

Bahan ajar berupa LKPD sebagai penuntun kegiatan pembelajaran dan sebagai penguatan dan petunjuk pratikum disusun dengan maksud dan tujuan, yaitu membantu siswa menemukan suatu konsep serta membantu siswa menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang telah ditemukan. Terlepas dari pentingnya penyusunan LKPD dalam membantu proses pembelajaran, terdapat beberapa manfaat LKPD dalam pembelajaran diantaranya yaitu: 1) mengaktifkan siswa dalam proses pembelajaran; 2) membantu siswa dalam menemukan dan mengembangkan konsep; 3) sebagai pedoman pendidik dan siswa dalam melaksanakan proses pembelajaran; dan 4) membantu siswa memperoleh catatan tentang materi yang dipelajari. (Umbaryati, 2021).

Penciptaan dan pengembangan program pembelajaran oleh guru (bukan sekadar menggunakan kurikulum standar yang sudah jadi) merupakan langkah krusial dan strategis untuk mengoptimalkan pembelajaran menuju pemberdayaan Keterampilan Abad ke-21. Kurikulum nasional seringkali bersifat umum. Guru yang menciptakan program pembelajaran sendiri dapat memastikan bahwa

Program disesuaikan dengan konteks lokal sekolah, kebutuhan spesifik siswa (latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya), serta isu-isu yang ada di komunitas sekitar. Guru dapat mengintegrasikan masalah autentik daerah setempat, membuat siswa melihat hubungan langsung antara materi pelajaran dengan solusi praktis dalam kehidupan nyata. Hal ini vital karena keterampilan abad ke-21 (terutama berpikir kritis dan pemecahan masalah) harus diterapkan dalam konteks nyata. Dengan demikian, penciptaan program pembelajaran oleh guru adalah jembatan penting yang menghubungkan kurikulum yang kaku dengan tuntutan dinamis Keterampilan Abad ke-21, memastikan bahwa pendidikan benar-benar relevan dan memberdayakan.

2.4 Keluasan dan Kedalaman Materi Fotosintesis

Materi Fotosintesis kelas XII dalam Kurikulum Merdeka termuat dalam capaian pembelajaran fase F yaitu siswa memahami proses metabolisme (fotosintesis) dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan hal tersebut, kedalaman dan keluasan materi fotosintesis dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Keluasan dan Kedalaman Materi Fotosintesis

No	Keluasan Materi	Kedalaman Materi
1.	Konsep Fotosintesis	Fotosintesis (dari bahasa Yunani foton "cahaya," dan <i>synthesis</i>, "menggabungkan", "penggabungan") adalah suatu proses biokimia penyusunan senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks menggunakan energi cahaya. Secara sederhana, reaksi fotosintesis dapat dituliskan sebagai berikut: $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{klorofil}]{\text{cahaya}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
2.	Tahapan reaksi fotosintesis	Reaksi terang Reaksi terang merupakan reaksi yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia berupa ATP dan NADPH. Reaksi terang terjadi di grana. Pada reaksi terang dibutuhkan H₂O, ADP dan Cahaya. Hasil reaksi terang yaitu NADPH, ATP dan O₂ bebas. O₂ bebas berasal dari fotolisis air. Di dalam reaksi terang terdapat dua aliran elektron yaitu aliran elektron nonsiklik dan aliran elektron siklik

No	Keluasan Materi	Kedalaman Materi
		Reaksi gelap (siklus Calvin) Dikemukakan oleh Dr. Melvin Calvin dan Andrew Benson sehingga disebut sebagai siklus Calvin. Reaksi gelap terjadi di dalam stroma dan tidak memerlukan cahaya. Zat yang diperlukan dalam reaksi gelap yaitu CO_2, ATP, dan NADPH. Hasil akhir reaksi gelap adalah gliseraldehid 3-fosfat (PGAL), ADP dan NADP^+ Mekanisme siklus Calvin: 1. Fiksasi karbon Terjadi pengikatan CO_2 oleh RuBP dengan katalisator rubisko (RuBP karboksilase) yang menghasilkan zat intermdiet berupa gula berkarbon 6 yang segera terurai menjadi molekul 3-fosfogliserat (PGA). 2. Reduksi Molekul PGA menangkap gugus fosfat dari ATP membentuk 1,3-bifosfogliserat. NADPH yang berasal dari reaksi terang melepaskan elektronnya untuk mereduksi 1,3-bifosfogliserat menjadi gliseraldehid 3 fosfat (G3P). Satu molekul G3P akan membentuk 1 molekul gula berkarbon 3, sehingga untuk membentuk 1 molekul glukosa diperlukan 2 molekul gula berkarbin 3 (dua kali siklus Calvin) 3. Regenerasi RuBP Sisa 5 molekul G3P akan mengikat fosfat dari penguaraian ATP untuk menyusun kembali RuBP. RuBP berfungsi sebagai akseptor CO_2.
3.	Faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis	- Intensitas Cahaya dengan intensitas tinggi akan meningkatkan laju fotosintesis, tetapi jika terlalu tinggi akan menyebabkan sel daun dehidrasi dan merusak klorofil. Pada iklim yang terlalu panas dan terik, daun akan mudah menguning dan rontok. - Konsentrasi karbondioksida Fotosintesis memerlukan CO_2 yang cukup. CO_2 yang terlalu tinggi akan mengganggu arespirasi tumbuhan. - Suhu Fotosintesis berlangsung dengan baik pada suhu optimum (25°C-39°C). suhu yang terlalu panas menyebabkan enzim tidak ada bekerja sehingga akan menghambat proses fotosintesis. - Kadar air Kekurangan air atau kekeringan menyebabkan

No	Keluasan Materi	Kedalaman Materi
		stomata menutup, menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis. • Kadar fotosintat (hasil fotosintesis). Jika kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik. Begitu pula sebaliknya.

2.5 Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) yaitu model pembelajaran yang berorientasi pada penyelidikan (Fakhriyah *et al.*, 2021). Model ADI berfungsi sebagai unit instruksional untuk mendorong peserta didik terlibat dalam interdisiplin dengan cara meningkatkan pemahaman peserta didik melalui kegiatan praktikum (Sampson & Gleim, 2009). Model ADI juga mendorong peserta didik untuk belajar tentang bagaimana menghasilkan argumen yang dapat membenarkan jawaban atas pertanyaan penelitian pada proses penyelidikan (Sampson & Gleim, 2009) Sehingga dapat membuat siswa memungkinkan berargumentasi secara aktif berdasarkan fenomena yang dapat diamati di sekitar laboratorium. (Fakhriyah *et al.*, 2021). Selain itu, model ADI dapat memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar bagaimana mengusulkan, mendukung, mengevaluasi, dan merevisi ide melalui diskusi dan penulisan dengan cara yang lebih produktif (Sampson & Gleim, 2009).

Sampson *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis ADI lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan menulis dan presentasi ilmiah, pemahaman konsep ilmiah, dan praktik ilmiah karena mereka menyajikannya lebih autentik dalam kegiatan laboratorium. Model ADI yang dikembangkan oleh Sampson *dkk.* (2009) menjadikan satuan pembelajaran terpadu untuk mendorong siswa berpartisipasi dalam kerja interdisipliner guna meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep esensial dan praktis. Model ADI juga dapat merangsang keterampilan komunikatif siswa yang dikembangkan melalui kegiatan argumentasi ilmiah (Purnomo *et al.*, 2023).

Model pembelajaran ADI menurut (Sampson et al., 2012) terdiri dari delapan sintaks atau tahapan meliputi:

1. Identifikasi Tugas (*Identification of The Task*)

Tujuan guru selama langkah model ini adalah untuk memperkenalkan topik utama yang akan dipelajari dan memulai kegiatan laboratorium. Mirip dengan model pengajaran lainnya, seperti *Science Writing Heuristic* (Wallace et al., 2005) atau *5E Learning Cycle* (Bybee et al., 2006). Langkah ini dirancang untuk menarik perhatian dan minat peserta didik. Peserta didik diberikan selebaran yang mencakup pengantar singkat dan pertanyaan yang dapat diteliti untuk dijawab serta daftar bahan yang dapat digunakan selama penyelidikan.

2. Pengumpulan Data (*Data Generation*)

Pada langkah ini, peserta didik bekerja dalam kelompok kolaboratif untuk pertama-tama mengembangkan metode (misalnya, percobaan, pengamatan sistematis) untuk mengatasi masalah atau menjawab pertanyaan penelitian dan kemudian menggunakan metode ini untuk mengumpulkan data. Langkah ini memberi peserta didik kesempatan untuk berinteraksi langsung dengan dunia nyata menggunakan alat dan teknik pengumpulan data yang tepat dan untuk belajar bagaimana menangani ambiguitas pekerjaan empiris.

3. Produksi Argumen Tentatif (*Production of Tentative Argument*)

Tahap ini meminta peserta didik untuk menyusun argumen yang terdiri dari klaim, bukti, dan dasar pemikiran di papan tulis besar. Mendefinisikan klaim sebagai dugaan, penjelasan, jawaban atas pertanyaan penelitian, atau beberapa jenis kesimpulan lainnya. Komponen bukti dari suatu argumen mengacu pada pengukuran atau pengamatan yang digunakan untuk menunjukkan (1) tren dari waktu ke waktu, (2) perbedaan antara kelompok atau objek, atau (3) hubungan antara variabel. Dasar pemikirannya adalah pernyataan yang menunjukkan mengapa bukti mendukung klaim dan mengapa bukti yang diberikan harus dihitung sebagai bukti. Langkah ini dirancang untuk menekankan pentingnya argumen dalam sains (yaitu, upaya untuk menetapkan atau memvalidasi klaim berdasarkan alasan). Hal ini juga disertakan untuk membantu siswa

mengembangkan pemahaman dasar tentang apa yang dianggap sebagai argumen berkualitas tinggi dalam sains dan bagaimana menentukan apakah bukti yang tersedia valid, relevan, cukup, dan cukup meyakinkan untuk mendukung suatu klaim. Akhirnya, langkah ini membuat gagasan, bukti, dan penalaran siswa terlihat satu sama lain, yang pada gilirannya, memungkinkan siswa untuk mengevaluasi gagasan yang bersaing dan menghilangkan dugaan pada tahap berikutnya dari model pengajaran.

4. Sesi Argumentasi (*Argumentation session*)

Pada tahap ini, kelompok kecil berbagi argumen mereka dengan kelompok lain dan mengkritik pekerjaan orang lain untuk menentukan klaim mana yang paling valid dan dapat diterima atau untuk menyempurnakan klaim agar lebih valid dan dapat diterima. Langkah ini disertakan dalam model untuk menciptakan konteks yang mengharuskan siswa untuk melihat secara kritis suatu produk (kesimpulan atau argumen), proses (metode), dan konteks (landasan teoritis) dari sebuah investigasi. Hal ini juga memberi guru kesempatan untuk menilai kemajuan atau pemikiran peserta didik dan mendorongnya untuk berpikir tentang isu-isu yang mungkin telah diabaikan atau terabaikan.

5. Penyusunan Laporan Investigasi (*Creation of An Investigation Report*)

Pada tahap ini, peserta didik diminta untuk membuat laporan yang menjawab tiga pertanyaan dasar: Apa yang ingin Anda lakukan dan mengapa? Apa yang Anda lakukan dan mengapa? Apa argumen Anda? Saat peserta didik mencoba menjawab pertanyaan-pertanyaan ini, mereka didorong untuk berpikir tentang apa yang mereka ketahui dan bagaimana mereka mengetahuinya. Mereka juga harus belajar mengubah data yang mereka kumpulkan menjadi bukti untuk menyusun argumen berkualitas tinggi dalam sains.

6. Peninjauan Teman Sejawat Secara *Double Blind* (*Double Blind Peer Review*)

Setelah peserta didik menyelesaikan laporan investigasi mereka, mereka menyerahkan tiga laporan secara acak kepada guru kelas. Guru secara acak membagikan laporan kepada setiap kelompok lab beserta lembar tinjauan sejawat untuk setiap laporan. Lembar tinjauan sejawat mencakup kriteria khusus yang

akan digunakan untuk mengevaluasi kualitas laporan investigasi dan ruang untuk memberikan umpan balik kepada penulis. Kriteria tinjauan dibingkai sebagai pertanyaan, seperti berikut: Apakah penulis memberikan deskripsi yang memadai tentang metode mereka? Apakah penulis menggunakan bukti asli untuk mendukung klaim mereka? Kelompok lab meninjau setiap laporan sebagai satu tim dan kemudian memutuskan apakah laporan tersebut dapat diterima apa adanya atau perlu direvisi berdasarkan tinjauan teman sejawat.

7. Revisi Laporan Investigasi (*Revision of The Investigation report*)

Siswa merevisi hasil laporan berdasarkan hasil review teman sejawat. Pada tahap ini jika laporan yang direvisi telah mencapai tingkat kualitas yang baik dan dapat diterima maka laporan dapat dikumpulkan. Namun jika revisi laporan belum dapat diterima maka dikembalikan kepada penulis untuk direvisi kembali.

8. Diskusi Reflektif (*Reflective Discussion*)

Peserta didik melakukan refleksi diri terhadap proses dan hasil penyelidikan yang telah dilakukan.

Model ADI dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik karena peserta didik diberikan kesempatan untuk mendesain penelitian mereka dan menemukan hasil penelitian mereka sendiri. Dengan demikian, peserta didik akan terlibat banyak dalam proses argumentasi ilmiah yang akan mendukung penguatan keterampilan berpikir kritis mereka. Hal ini berkesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Demircioglu dan Ucar (2015) berdasarkan hasil uji *Independent Sample T- test* menyimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran ADI berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Nazila *et al.*, 2018) menjelaskan bahwa: (1) terdapat pengaruh yang signifikan pembelajaran yang dilakukan dengan model *Argument Driven Inquiry* (ADI) terhadap keterampilan berpikir kritis siswa yang berjenis kelamin perempuan dengan nilai sig. sebesar 0,001; (2) Terdapat pengaruh yang signifikan pembelajaran yang dilakukan dengan model *Argument Driven Inquiry* (ADI) terhadap keterampilan berpikir kritis siswa yang berjenis kelamin laki-laki dengan nilai sig. sebesar 0,000; (3) Tidak terdapat perbedaan

keterampilan berpikir kritis antara siswa laki-laki dan perempuan yang menggunakan model *Argument Driven Inquiry* (ADI) yang ditunjukkan dengan nilai sig. sebesar $0,722 > 0,05$. Pencapaian keterampilan berpikir kritis pada siswa yang menggunakan model pembelajaran ADI lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar dengan model konvensional.

Model pembelajaran ADI memiliki keunggulan dalam melatih keterampilan argumentasi peserta didik. Namun demikian, model pembelajaran ADI juga memiliki kelemahan dalam beberapa hal antara lain: 1) waktu yang cukup lama dalam melaksanakan model pembelajaran ADI; 2) apabila terdapat kelompok yang tidak dapat berkerjasama dengan baik maka tujuan pembelajaran sulit tercapai; 3) peserta didik belum mampu menggunakan penjelasan ilmiah seperti teori, model, atau hukum dasar untuk mengaitkan klaim dengan bukti penguasaan materi, dimana pelajar lebih cenderung menggunakan penjelasan yang didapat dari kehidupan sehari-hari guna menjelaskan fenomena ketimbang menggunakan konsep-konsep sains (Hopmadia, 2023). Oleh karena itu, kelemahan model pembelajaran ADI dapat diatasi dengan mengintegrasikan pendekatan STEM didalamnya karena pendekatan STEM memiliki empat disiplin ilmu yaitu *Science*, *Technology*, *Engineering*, dan *Mathematic* yang sangat penting dalam mencetak siswa yang mahir dalam mengembangkan kemampuan berfikir ilmiah, sehingga mempercepat proses pembelajaran dan memberikan kesan mendalam dalam pembelajaran.

2.6 Pendekatan STEM

STEM diperkenalkan oleh *National Science Foundation* (NSF) Amerika Serikat pada tahun 1990 sebagai singkatan dari *Science*, *Technology*, *Engineering*, dan *Mathematics* (Purnomo et al., 2023). Jika didefinisikan STEM memiliki beberapa komponen diantaranya: 1) Ilmu (*science*): adalah bagian dari ilmu yang mempelajari jari semesta alam, fakta, fenomena dan keteraturan yang ada di dalamnya; 2) Teknologi (*technology*): dibuat sebagai inovasi, perubahan, modifikasi lingkungan alami memberikan kepuasan terhadap kebutuhan dan keinginan manusia. Teknologi bertujuan untuk melakukan modifikasi pada dunia

untuk memenuhi kebutuhan manusia; 3) Rekayasa (*engineering*): terdiri dari menentukan masalah (bertanya), membayangkan (membayangkan), merancang (merencanakan), membuat (menciptakan), dan mengembangkan (meningkatkan). Teknik adalah profesi di mana pengetahuan ilmiah dan matematika diperoleh melalui studi, eksperimen, dan praktik atau diterapkan untuk mengoperasikan atau merancang prosedur untuk memecahkan masalah guna memenuhi kebutuhan hidup manusia; 4) Matematika (*mathematics*): cabang dari disiplin yang mempelajari pola atau hubungan (Mulyani, 2019)

Tujuan penerapan STEM dalam pembelajaran adalah agar peserta didik memiliki literasi sains dan teknologi di masa depan; siswa dapat mengembangkan dan menerapkan kompetensinya dalam menghadapi permasalahan sehari-hari yang berkaitan dengan bidang ilmu STEM. Pendekatan STEM mampu mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi suatu konsep atau pengetahuan (*sains*) dengan memanfaatkan teknologi (*technology*) yang dikuasainya sebagai upaya merancang suatu prosedur (*engineering*) dan menganalisis hasil berdasarkan pemikiran atau perhitungan matematis (*mathematics*) (Insanul Hikmah *et al.*, 2023). Implementasi STEM tidak hanya membuat peserta didik memiliki pencapaian yang baik dalam pembelajaran, tetapi lebih dari itu dimana STEM lebih dapat memahami permasalahan sains yang diintegrasikan dengan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut merupakan salah satu kompetensi sains (Kolodner *et al.*, 2003).

Model pembelajaran ADI memerlukan pendekatan yang sesuai. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pendekatan STEM. Dimana tahapan identifikasi tugas dalam model pembelajaran ADI ternyata memerlukan aspek *science* dalam mengumpulkan data yang akan digunakan sebagai bukti (*evidence*) yang mendukung *claim*. Kemudian tahapan pengumpulan data memerlukan aspek *Engineering* (perancangan) yang digunakan untuk menentukan dan merancang percobaan yang akan dilakukan yang tujuannya untuk mengumpulkan informasi atau data. Aspek *Technology* digunakan sebagai media untuk penunjang kegiatan percobaan. Aspek *Mathematic* membantu dalam menentukan ukuran, takaran atau menghitung bahan atau alat yang akan digunakan dalam percobaan agar mendapat

hasil yang lebih akurat. Secara keseluruhan dengan menerapkan model pembelajaran ADI terintegrasi STEM dapat membantu peserta didik dalam mendapatkan data yang akurat sebagai bukti dalam mendukung *claim* (E. Nurhidayati *et al.*, 2023).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suganda dkk (2023) model ADI terintegrasi STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil penelitian yang lain juga membuktikan bahwa pengintegrasian STEM dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan literasi sains karena STEM memberikan kesempatan kepadapeserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan dalam dunia nyata. (Purnomo *et al.*, 2023). Adapun skenario pembelajaran yang mengintegrasikan ADI dengan STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Skenario Pembelajaran

No	Sintaks	Aktivitas		Aktivitas STEM	Keterampilan berpikir kritis
		Guru	Siswa		
1	<i>Identification of Task</i>	• Memperkenalkan topik yang akan dipelajari • Memulai kegiatan laboratorium. • Membagikan lembar kerja yang berisi permasalahan yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis	• Mencari informasi untuk menjawab permasalahan serta daftar bahan yang dapat digunakan selama penyelidikan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis	• Mencari, mengevaluasi dan mengomunikasikan informasi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis	Mengklasifikasi masalah dengan mengajukan pertanyaan kritis yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis
2.	<i>Data generation</i>	• Membagi siswa ke dalam kelompok-kelompok	• Merancang percobaan secara sistematis bersama kelompoknya.	• Melakukan percobaan • Mendefinisikan masalah • Meren-	• Mengumpulkan informasi penting mengenai faktor-faktor yang

No	Sintaks	Aktivitas		Aktivitas STEM	Keterampilan berpikir kritis
		Guru	Siswa		
			Melakukan percobaan	canakan dan melakukan investigasi - Membuat keputusan yang tepat terkait teknologi dan merealisasi kannya - Menggunakan alat-alat yang tepat secara strategis	memengaruhi fotosintesis
3.	<i>Production of Tentative argument</i>	Meminta siswa untuk menyusun argumen yang terdiri dari klaim, bukti, dan dasar pemikiran berdasarkan hasil perobaan.	Membuat klaim bersama kelompoknya disertai dengan bukti yang mendukung dengan menggunakan data yang diperoleh dari tahap sebelumnya.	- Menganalisis dan menginterpretasikan data. - Membangun penjelasan. - Memadukan argumen yang ada dari bukti-bukti. - Mencari, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi	Membuat Keputusan menggunakan informasi yang tersedia
4.	<i>Investigation report</i>	Memantau dan membimbing siswa dalam proses pengerjaan	Membuat laporan yang menjawab tiga pertanyaan dasar: Apa	Menganalisis dan menginterpretasikan data.	Mengidentifikasi asumsi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang

No	Sintaks	Aktivitas		Aktivitas STEM	Keterampilan berpikir kritis
		Guru	Siswa		
		laporan.	yang ingin Anda lakukan dan mengapa? Apa yang Anda lakukan dan mengapa? Apa argumen anda? • Mengubah data yang diperoleh menjadi bukti untuk menyusun argumen yang berkualitas tinggi dalam sains	• Menghadirkan ketelitian dan ketepatan. • Membangun argumen yang layak dan mengkritisi alasan pihak lain	mempengaruhi fotosintesis
4.	<i>Argumentation Session</i>	• Membagi siswa ke dalam kelompok-kelompok • Memberikan kesempatan pada siswa untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompok	• Menyampaikan hasil argumen yang dibuat bersama kelompok nya melalui diskusi kelas atau presentasi. • Siswa yang tidak presentasi dapat memberikan kritikan (sanggahan) atas argumen yang diberikan oleh presenter.	Membangun argumen yang layak dan mengkritisi alasan pihak lain	Mengidentifikasi asumsi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis
5.	<i>Investigation report</i>	• Memantau dan membimbing siswa dalam proses pengerjaan laporan.	• Membuat laporan yang menjawab tiga pertanyaan an dasar: Apa yang ingin Anda lakukan dan mengapa? Apa yang Anda lakukan dan mengapa? Apa argument	Menganalisis dan menginterpretasikan data Menghadirkan ketelitian dan ketepatan Membangun	Mengidentifikasi asumsi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis

No	Sintaks	Aktivitas		Aktivitas STEM	Keterampilan berpikir kritis
		Guru	Siswa		
			Anda? Mengubah data yang diperoleh menjadi bukti untuk menyusun argumen yang berkualitas tinggi dalam sains	argumen yang layak dan mengkritisi alasan pihak lain	
6.	<i>Double blind peer review</i>	Memantau dan membimbing siswa dalam proses penilaian terhadap laporan yang telah dibuat setiap kelompok dengan memberikan lembar <i>peer review</i>.	Melakukan penilaian sejawat terhadap laporan yang telah dibuat oleh kelompok lain. Memberikan keputusan untuk merevisi laporan atau tidak berdasarkan kriteria yang terdapat pada lembar	Membuat dan mengkomunikasikan keputusan	Mengidentifikasi asumsi
7.	<i>Revision of The Investigation report</i>	Memantau siswa melakukan revisi laporan	Melakukan revisi terhadap laporan berdasarkan hasil dari <i>peer review</i> dari <i>reviewer</i>.	Mengumpulkan informasi dan klarifikasi lebih lanjut	Memutuskan suatu tindakan
8.	<i>Reflective discussion</i>	Memantau siswa menjawab pertanyaan pada lembar kerja yang telah disiapkan	Menjawab pertanyaan pada lembar kerja yang telah disiapkan oleh guru	Menganalisis dan menginterpretasikan data Membangun penjelasan Memadukan argumen yang ada	

No	Sintaks	Aktivitas		Aktivitas STEM	Keterampilan berpikir kritis
		Guru	Siswa		
				berdasarkan bukti-bukti.	

2.7 Keterampilan Berpikir Kritis (*Critical Thinking Skills*)

Berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi yang sangat penting diajarkan kepada siswa. Banyak ahli yang mengemukakan definisi berpikir kritis, diantaranya adalah Ennis (1962) menyatakan bahwa berpikir kritis adalah berpikir secara beralasan dan reflektif dengan menekankan pada pembuatan keputusan tentang apa yang harus dipercayai atau dilakukan.

Sedangkan menurut Beyer (1985), berpikir kritis adalah kemampuan menentukan kredibilitas suatu sumber, membedakan antara yang relevan dari yang tidak relevan, membedakan fakta dari penilaian, mengidentifikasi dan mengevaluasi asumsi yang tidak terucapkan, mengidentifikasi bias yang ada, mengidentifikasi sudut pandang, dan mengevaluasi bukti yang ditawarkan untuk mendukung pengakuan. Disamping itu, Walker berpendapat bahwa berpikir kritis adalah suatu proses intelektual dalam pembuatan konsep, mengaplikasikan, menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi berbagai informasi yang didapat dari hasil observasi, pengalaman, refleksi, dimana hasil proses ini digunakan sebagai dasar saat mengambil tindakan. Dari beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli tentang kemampuan berpikir kritis dapat disimpulkan bahwa berpikir kritis adalah proses mental untuk menganalisis atau mengevaluasi informasi. Informasi tersebut dapat diperoleh dari hasil pengamatan, pengalaman, akal sehat atau komunikasi.

Kunci peningkatan kualitas pendidikan di semua jenjang dipengaruhi oleh peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Fuad *et al.*, 2017). Dalam berpikir kritis peserta didik tidak berkemampuan kognitif saja, akan tetapi harus memiliki kemampuan mengevaluasi dan menilai suatu informasi secara kritis (Ankeny and tresh, 2021). Berpikir kritis dapat terlihat dari keterlibatan siswa dalam berargumen dan memberikan kesimpulan (Muhammadiyah *et al.*, 2020).

Peserta didik yang keterampilan berpikir kritisnya tinggi akan lebih bijaksana

dalam pengambilan keputusan maupun menyelesaikan masalah dalam pembelajaran atau bahkan di dalam kehidupan sehari-hari (El Soufi and See, 2019). Selain itu, peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis tinggi akan cenderung aktif dan serius dalam mengikuti pelajaran serta melakukan analisis terhadap setiap informasi yang didapat secara rasional (Ennis, 1962).

Aktivitas dalam keterampilan berpikir kritis meliputi menyampaikan permasalahan, mendefinisikan, melacak bukti dari suatu informasi, menganalisis, menghindari pertimbangan secara emosional, mencermati penyederhanaan secara berlebih, pertimbangan dari interpretasi dan toleransi terhadap ambiguitas (Spector and Ma, 2019). Aktivitas peserta didik untuk berpikir kritis juga dapat terlihat ketika peserta didik menyampaikan pendapat, menyimpulkan suatu informasi, menghargai asumsi, mengevaluasi dan menilai alasan yang dapat mendukung argumentasi (Nuraini, 2017). Peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis tinggi dapat bernalar secara efektif, rasional dan mengevaluasi informasi yang diperoleh.

Menurut Ennis (1962), indikator kemampuan berpikir kritis dapat diturunkan dari aktivitas kritis peserta didik meliputi: a) mencari pernyataan yang jelas dari pernyataan; b) mencari alasan; c) berusaha mengetahui informasi dengan baik; d) memakai sumber yang memiliki kredibilitas dan menyebutkannya; e) memperhatikan situasi dan kondisi secara keseluruhan; f) berusaha tetap relevan dengan ide utama; g) mengingat kepentingan yang asli dan mendasar; h) mencari alternative; i) bersikap dan berpikir terbuka; j) mengambil posisi ketika ada bukti yang cukup untuk melakukan sesuatu; k) mencari penjelasan sebanyak mungkin; l) bersikap secara sistematis dan teratur dengan bagian dari keseluruhan masalah.

Indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1985) terdiri dari 5 yaitu:

- a) *Elementary clarification* atau memberikan penjelasan yang meliputi fokus pada pertanyaan, menganalisis opini atau argumen, bertanya dan menjawab untuk mencari informasi untuk menyelesaikan permasalahan;
- b) *Basic support* atau membangun kemampuan dasar siswa yang meliputi kredibilitas sumber dan pertimbangan observasi.

- c) *Inference* atau menarik kesimpulan yang meliputi menyusun deduksi dan induksi, mempertimbangkan deduksi, induksi dan hasil penyelesaian.
- d) *Advanced clarification* atau memberikan argument dan penjelasan meliputi mengidentifikasi dan mempertimbangkan definisi maupun asumsi
- e) *Strategies and tactics* atau mengatur taktik maupun strategi yang meliputi menentukan Tindakan.

2.8 Keterampilan Berkolaborasi (*Collaboration skill*)

Keterampilan berkolaborasi (*collaboration skills*) adalah kemampuan individu untuk bekerja secara efektif dengan orang lain dalam kelompok yang beragam guna mencapai tujuan bersama melalui interaksi sosial yang produktif, tanggung jawab bersama, dan pengambilan keputusan kolektif (greenstein, 2012).

Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk bekerja dalam tim, mendengarkan dengan empati, berbagi pengetahuan dan sumber daya, serta membangun hubungan yang saling menguntungkan. Kolaborasi melibatkan kerja sama aktif, pengambilan keputusan bersama, dan pemecahan masalah kolektif untuk mencapai tujuan yang ditetapkan (Mantau dan Talago, 2023).

Keterampilan berkolaborasi merupakan salah satu keterampilan abad-21 yang dibutuhkan seseorang untuk dapat beradaptasi terhadap tantangan global, dunia kerja modern, serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat (Trilling an Fadel, 2009). Menurut Yunus (2003) ada beberapa alasan mengapa pengembangan keterampilan berkolaborasi sangat penting bagi peserta didik yaitu:

- a. Mempersiapkan untuk dunia kerja yang kolaboratif:

Di dunia kerja saat ini, kolaborasi tim menjadi norma. Peserta didik yang memiliki keterampilan berkolaborasi yang baik memiliki keunggulan kompetitif dalam mencari pekerjaan dan membangun karier. Mereka mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan kerja yang beragam, bekerja dalam tim, dan mencapai hasil yang optimal melalui kerja sama.

- b. Mengembangkan kemampuan interpersonal:

Keterampilan berkolaborasi membantu peserta didik dalam mengembangkan

kemampuan interpersonal yang kuat. Mereka belajar mendengarkan dengan empati, menghargai kontribusi orang lain, dan membangun hubungan yang saling menguntungkan. Kemampuan untuk berkomunikasi secara efektif, bekerja sama, dan mengelola konflik dengan baik adalah aspek kunci dari keterampilan berkolaborasi.

c. Meningkatkan pemecahan masalah:

Kolaborasi tim memungkinkan peserta didik untuk menghadapi masalah dengan pendekatan yang lebih luas. Dalam kerangka kolaborasi, mereka dapat membagikan ide, melihat masalah dari berbagai perspektif, dan mencari solusi yang kreatif dan inovatif. Proses pemecahan masalah yang dilakukan secara kolektif sering kali menghasilkan solusi yang lebih baik daripada pemecahan masalah individual.

d. Meningkatkan keterampilan kepemimpinan:

Keterampilan berkolaborasi membantu peserta didik untuk mengembangkan keterampilan kepemimpinan yang efektif. Dalam konteks kolaboratif, mereka dapat belajar memimpin dengan menggerakkan dan menginspirasi orang lain, membagi tugas, dan memotivasi tim. Kemampuan untuk menjadi pemimpin yang inklusif dan memotivasi merupakan atribut yang berharga dalam dunia profesional maupun dalam proyek-proyek kelompok di sekolah.

e. Meningkatkan hasil belajar:

Kolaborasi tim dalam konteks pendidikan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Dalam kerangka kolaboratif, mereka dapat saling mengajarkan, membangun pengetahuan secara bersama-sama, dan memecahkan masalah yang lebih kompleks. Kolaborasi juga mendorong partisipasi aktif, motivasi tinggi, dan rasa tanggung jawab terhadap hasil tim, yang secara keseluruhan meningkatkan pencapaian akademik.

Keterampilan berkolaborasi dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran di kelas, terutama model pembelajaran yang berorientasi pada peserta didik dan menekankan interaksi sosial serta kerja kelompok. Keterampilan berkolaborasi berkembang ketika peserta didik dilibatkan secara aktif dalam kerja tim yang menuntut tanggung jawab bersama, komunikasi

efektif, dan penghargaan terhadap perbedaan pendapat (Greenstein, 2012). Secara empiris, penelitian Johnson dan Johnson (2009) menunjukkan bahwa penerapan *cooperative learning* secara signifikan meningkatkan keterampilan kolaborasi, hubungan interpersonal, serta tanggung jawab individu dalam kelompok belajar. Temuan serupa dilaporkan oleh Syarifah dan Nurita (2023) yang menyatakan bahwa implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi peserta didik.

Trilling dan Fadel (2009) menyatakan bahwa keterampilan berkolaborasi peserta didik dapat tercermin dari tiga komponen berikut ini, yaitu: kemampuan bekerja secara efektif dan menghargai perbedaan yang ada, dapat menerima pendapat orang lain demi tercapainya tujuan bersama, sikap tanggung jawab dan partisipasi setiap anggota kelompok. Keterampilan berkolaborasi dapat diukur menggunakan indikator yang tepat agar dapat mendeskripsikan keterampilan berkolaborasi yang dimiliki oleh masing-masing peserta didik. Indikator keterampilan berkolaborasi dalam penelitian ini merujuk pada pendapat Greenstein (2012) yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Indikator Keterampilan Kolaborasi

No	Indikator Keterampilan Berkolaborasi	Deskripsi
1.	Partisipasi	Berpartisipasi penuh dan selalu ada di dalam kelas. Memahami tugas dan peran di dalam kelompok atau kelas.
2.	Kepemimpinan.	Mengambil kepemimpinan dengan cara yang tepat, bila perlu dengan membantu kelompok tepat di jalur Mampu mendorong partisipasi kelompok lain. Mengajukan solusi untuk masalah pembelajaran.
3.	Mendengar.	Mendengarkan ide orang lain dengan cermat. Mampu menerima pendapat kelompok lain.
4.	Umpan balik	Mampu menawarkan umpan balik dari kelompok lain. Menyampaikan umpan balik secara konstruktif.
5.	Kerja sama.	Memperlakukan orang lain dengan hormat. Mampu membagi tugas dengan adil. Saling berbagi informasi dengan baik.
6.	Manajemen waktu	Mampu menyelesaikan tugas yang diberikan tepat waktu

2.9 Kerangka Pemikiran

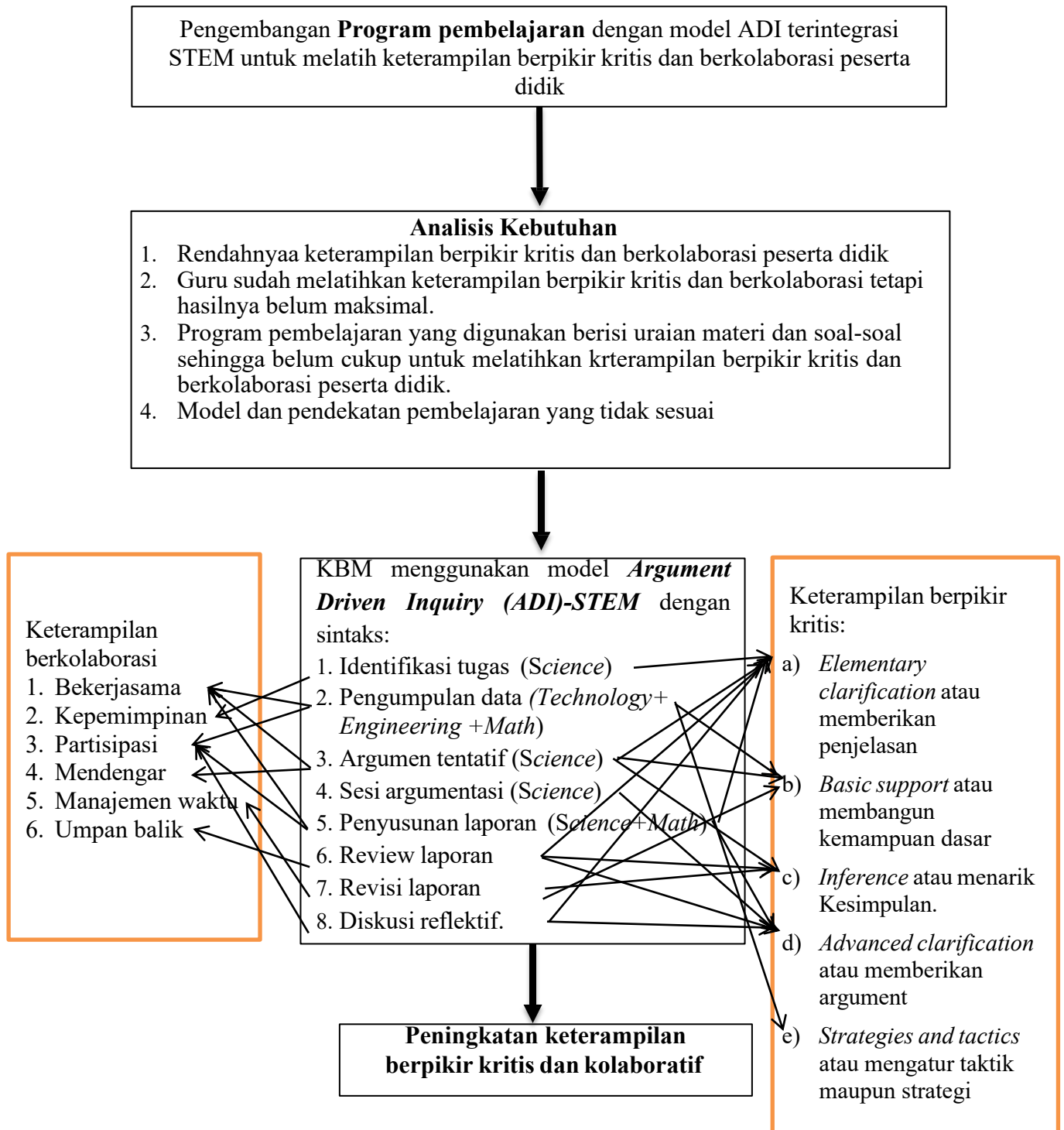
Pembelajaran Biologi, khususnya materi Fotosintesis, seringkali disampaikan secara konvensional (ceramah, hafalan) dan kurang kontekstual. Rendahnya hasil belajar siswa dalam mengukur dan menganalisis data, merumuskan argumen ilmiah, serta kurangnya kesempatan bagi siswa untuk berdiskusi dan bekerja sama secara efektif. Hal ini mengakibatkan rendahnya keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi siswa, padahal keduanya merupakan tuntutan utama Abad ke-21.

Keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif dapat dilatihkan dalam pembelajaran sains di kelas. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran Biologi khususnya materi fotosintesis adalah dengan menerapkan model pembelajaran berbasis *Argument-Driven Inquiry (ADI)* terintegrasi STEM. Diperlukan program pembelajaran yang inovatif dan teruji untuk mengatasi masalah ini. Program pembelajaran diberikan kepada peserta didik untuk menunjang pembelajaran agar lebih mudah dipahami dan menyenangkan. Selain itu, pendidik juga dapat memantau secara langsung progres atau perkembangan belajar peserta didik. Program pembelajaran yang akan dikembangkan meliputi modul ajar, LKPD, media ajar, bahan ajar dan alat evaluasi.

ADI merupakan model pembelajaran berbasis inkuiri yang fokus pada pengembangan argumen ilmiah (klaim, bukti, pembenaran). ADI mendorong peserta didik untuk merancang penyelidikan, berdiskusi, dan merefleksikan proses ilmiah. Pembelajaran yang mengintegrasikan ADI dengan Pendekatan Sains (S), Teknologi (T), Teknik/Rekayasa (E), dan Matematika (M) menyediakan konteks masalah autentik dan melatih siswa merancang solusi teknis dalam pembelajaran biologi. Salah satu materi biologi yang dipelajari peserta didik SMA adalah Fotosintesis. Materi Fotosintesis di SMA memiliki aspek praktikum, analisis variabel (cahaya, air,), dan pemanfaatan teknologi, sehingga sangat cocok diimplementasikan melalui inkuiri dan konteks STEM. Materi Fotosintesis menyediakan subjek yang kaya untuk penyelidikan saintifik, sehingga melalui

ADI terintegrasi STEM tugas rekayasa dapat diselesaikan secara berkelompok. Selain itu, melalui sesi argumentasi dan peer review laporan, pembelajaran fotosintesis dapat digunakan untuk melatih peserta didik menganalisis bukti dan membangun penalaran logis yang membutuhkan analisis data (M) dan penerapan konsep ilmiah (S) untuk memecahkan masalah rekayasa (E).

Berdasarkan pemaparan diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian pengembangan program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM yang diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi. Secara skematis kerangka pemikiran penelitian ini yaitu :



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

2.10 Penelitian yang Relevan

Tabel 4. Penelitian yang relevan

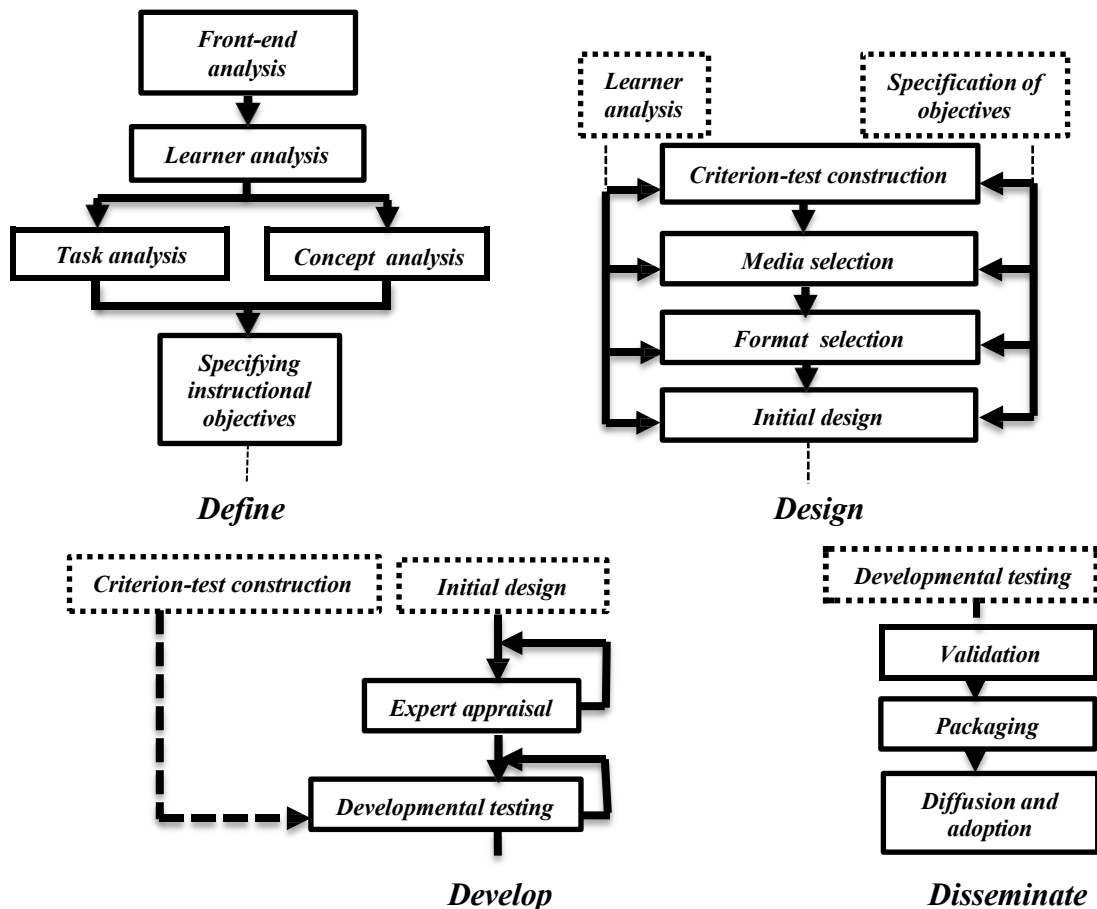
No	Nama Peneliti, Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1.	Rosyidah, A., Susilo, H., dan Suwono, H.(2023)	Pengaruh model pembelajaran Argumen-Driven Inquiry (ADI) terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model ADI terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ADI berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2.	Suyanto (2022)	Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis, Berkomunikasi, Berkolaborasi, dan Kreativitas pada Matriks melalui Kriptografi Menggunakan PjBL-STEM	Hasil penelitian menunjukkan PjBL-STEM dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, berkomunikasi, berkolaborasi, dan kreativitas peserta didik.
3.	S,Admoko., N, Hanifah., N, Suprpto., and M. Madlazim (2025)	The implementation of Argument Driven Inquiry (ADI) learning model to improve scientific argumentation skills of high school students	Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan model pembelajaran ADI pada pembelajaran fisika materi hukum-hukum Newton, berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran ADI dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik.
4.	Sarifah, F (2023)	Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa	Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik, berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan model inkuiri terbimbing dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik

No	Nama Peneliti, Tahun	Judul	Hasil Penelitian
	Sufajar, D. (2023)	Analisis Keterampilan Kolaborasi Siswa SMP pada Pembelajaran IPA di Masa Pandemi Covid 19	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan keterampilan kolaborasi siswa SMP pada pembelajaran IPA di masa pandemi Covid-19. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan kolaborasi yang dimiliki oleh peserta didik SMP pada pembelajaran IPA di masa pandemi Covid-19 tergolong cukup kolaboratif sesuai dengan kriteria penilaian acuan patokan. Hal ini disebabkan adaptasi pandemi Covid-19 yang pembelajaran sebelumnya dilaksanakan secara online dan sekarang sudah dapat tatap muka namun masih terbatas.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

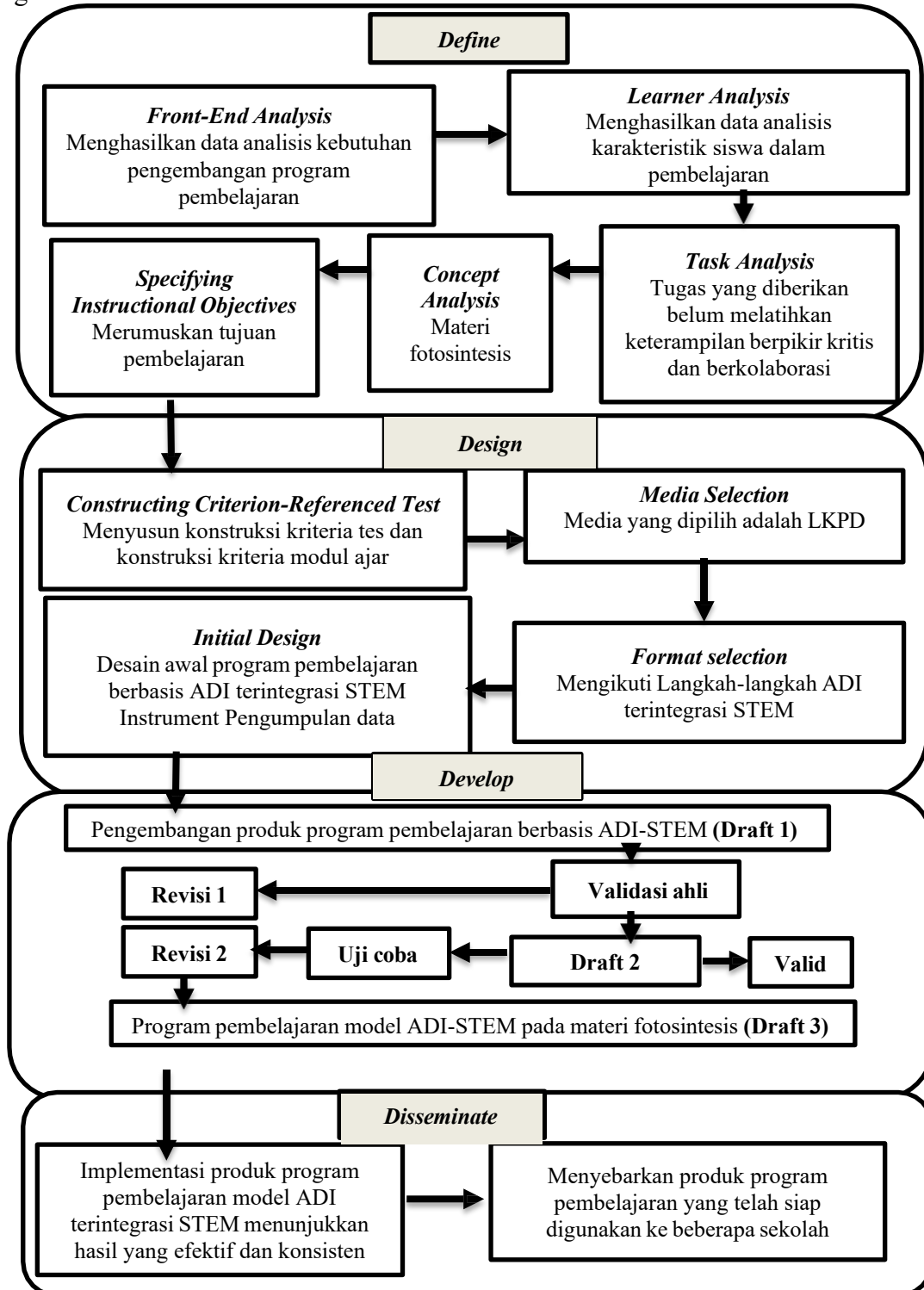
Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang mengacu pada model 4D menurut Thiagarajan (1974). Model ini memiliki empat tahapan sebagai berikut: 1) *Define* (pendefinisian), 2) *Design* (perancangan), 3) *Development* (pengembangan) dan 4) *Disseminate* (penyebaran). Produk yang akan dihasilkan dari penelitian ini berupa program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi siswa. Model 4D dapat disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Desain pengembangan 4D menurut Thiagarajan (1974)

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian dan pengembangan produk dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 3. Alur penelitian

3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian bertujuan untuk menentukan dan mendefinisikan kebutuhan dalam pengembangan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM. Pada tahap ini peneliti melakukan kegiatan analisis kebutuhan yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Tahap pendefinisian ini terdiri dari beberapa langkah berikut:

3.3.1.1 Analisis Ujung Depan (*Front-end Analysis*)

Analisis ini bertujuan untuk menetapkan dasar permasalahan dalam pengembangan program pembelajaran dengan model ADI terintegrasi STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi siswa.

Berdasarkan analisis ini dilakukan studi pendahuluan kepada 33 guru Biologi se-provinsi Lampung dengan melakukan penyebaran angket atau kuesioner melalui *Google form*. Adapun kisi-kisi instrumen angket yang digunakan dalam analisis kebutuhan guru adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Kisi-kisi angket analisis kebutuhan guru

Berdasarkan hasil penelitian angket analisis kebutuhan guru tersebut didapat fakta bahwa program pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran sudah menggunakan pendekatan STEM tetapi belum diintegrasikan dengan model ADI. Selain itu juga diperoleh informasi bahwa guru telah melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi kepada siswa tetapi hasilnya belum maksimal.

3.3.1.2 Analisis siswa (*Learner Analysis*)

Analisis peserta didik dilakukan untuk memahami karakteristik siswa target yang akan menggunakan produk atau perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan relevan, sesuai, dan efektif bagi pengguna sasaran. Pada penelitian ini analisis peserta didik dilakukan kepada 111 orang siswa kelas XII SMA se-Lampung menggunakan media *google form*. Pembagian angket dibantu oleh guru Biologi di sekolah. Kisi-kisi analisis siswa terdapat pada tabel berikut:

Tabel 6. Kisi Kisi Angket Analisis Peserta Didik

No	Komponen	Indikator
1	Model pembelajaran, dan pendekatan pembelajaran yang digunakan oleh guruselama ini	a. Pengetahuan guru tentang model pembelajaran, dan pendekatan pembelajaran yang digunakan selama ini b. Tingkat keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran Fotosintesis.
2	Model Pembelajaran ADI	a. Pemahaman guru terhadap model pembelajaran ADI b. Penerapan model pembelajaran ADI c. Kesulitan menerapkan model pembelajaran ADI
3	Pendekatan STEM	a. Pemahaman guru terhadap pendekatan STEM b. Penerapan pendekatan STEM
4	Keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi	a. Pemahaman guru terhadap keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi b. Melatihkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi dalam pembelajaran

No	Komponen	Indikator
1.	Motivasi Belajar Biologi	a. Tekun dalam belajar Biologi b. Ulet dalam menghadapi kesulitan belajar Biologi c. Minat dan ketajaman perhatian dalam pelajaran Biologi
2.	Kemampuan Akademik	a. Kemudahan dalam memahami materi Biologi b. Pemahaman konsep dasar Biologi Kreativitas dalam menyelesaikan masalah
3.	Karakteristik Peserta Didik	a. Usia b. Gaya belajar peserta didik
4.	Keterampilan berpikir kritis	a. Pengetahuan peserta didik tentang keterampilan berpikir kritis serta pentingnya dalam pembelajaran. b. Keadaan peserta didik dalam memberikan pertanyaan, menganalisis opini untuk mencari informasi (<i>elementary clarification</i>). c. Keadaan peserta didik dalam melakukan dan mempertimbangkan observasi dan kredibilitas sumbernya (<i>basic support</i>). d. Kondisi siswa dalam menarik kesimpulan (<i>inference</i>) e. Kondisi peserta didik dalam memberikan penjelasan (<i>advanced clarification</i>) . f. Kondisi peserta didik dalam mengatur strategi untuk menentukan tindakan (<i>Strategies and tactic</i>)
5.	Keterampilan berkolaborasi	a. Pengetahuan peserta didik tentang keterampilan berkolaborasi serta pentingnya dalam pembelajaran. b. Keadaan peserta didik dalam hal kepemimpinan, bekerjasama, memberikan umpan balik dan manajemen waktu

3.3.1.3 Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis konsep memastikan bahwa konten (isi materi) yang akan dirancang dan dikembangkan pada tahap selanjutnya adalah akurat secara keilmuan, lengkap, dan terorganisasi secara pedagogis sehingga mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Tujuan utama dari analisis konsep adalah untuk memetakan, mengidentifikasi, dan menyusun materi (konsep, subkonsep, dan prinsip) dari topik yang akan dikembangkan menjadi perangkat pembelajaran atau produk. Mengatur konsep-konsep tersebut dalam suatu struktur hierarkis atau peta konsep

yang logis dan sistematis. Ini dilakukan untuk menunjukkan hubungan antara satu konsep dengan konsep lainnya (konsep prasyarat, konsep terkait, dan subkonsep). Adapun konsep yang dianalisis dalam penelitian ini adalah Fotosintesis bagi siswa SMA kelas XII, untuk memenuhi Capaian Pembelajaran (CP) yaitu diakhir fase F peserta didik dapat menerapkan fotosintesis di lingkungan sekitarnya. CP ini mengacu pada surat yang diterbitkan oleh kepala Badan Standar Kurikulum dan oleh Kepala Badan Standar Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/Kr/2023 Revisi.

3.3.1.4 Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis tugas berfungsi sebagai jembatan antara tujuan pembelajaran (apa yang harus dicapai) dengan strategi pengajaran (bagaimana cara mencapainya), memastikan bahwa produk yang dikembangkan dapat secara efektif melatih siswa hingga menguasai tugas akhir. Tujuan utama dari analisis tugas adalah untuk merinci keterampilan yang harus dikuasai oleh siswa untuk mencapai kompetensi atau tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Analisis ini mengubah tujuan pembelajaran yang bersifat umum menjadi serangkaian langkah operasional dan terstruktur.

3.3.1.5 Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*)

Tujuan utama dari perumusan tujuan pembelajaran adalah untuk menetapkan dengan jelas hasil akhir yang diharapkan dari peserta didik setelah mereka menggunakan perangkat pembelajaran atau produk yang dikembangkan. Perumusan Tujuan Pembelajaran memastikan bahwa pengembangan perangkat pembelajaran berorientasi pada hasil (*outcome-oriented*) dan terhindar dari pengembangan materi yang tidak relevan. Perumusan ini biasanya menggunakan pernyataan yang spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan memiliki batas waktu (SMART) dengan formula komponen Tujuan Pembelajaran, seperti A-B-C-D (*Audience, Behavior, Condition, Degree*). Tujuan pembelajaran yang jelas akan menjadi dasar untuk menyusun instrumen evaluasi (tes atau non-tes) pada tahap Develop. Selain itu, juga memberikan pedoman yang jelas bagi pengembang mengenai isi, urutan, strategi, dan media yang harus dimasukkan ke dalam produk pada tahap *Design*.

3.3.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototype dari program pembelajaran yang dikembangkan, dalam hal ini adalah draf Modul Ajar dan LKPD dengan model pembelajaran ADI terintegrasi STEM konsep Fotosintesis serta instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berkolaborasi. Rancangan ini harus didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan pada Tahap *Define*. Menurut Thiagarajan (1974) langkah langkah pada tahap *design* meliputi:

3.3.2.1 Penyusunan Standar Tes (*Constructing Criterion-Referenced Test*)

Tujuan penyusunan standar tes adalah merancang instrumen evaluasi yang akan digunakan untuk mengukur keberhasilan pencapaian Tujuan Pembelajaran yang telah dirumuskan. Tes ini harus *kriterium* (mengacu pada kriteria) dan spesifik, sesuai dengan hasil analisis tugas dan konsep. Kerangka tes pada penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis yang mengacu pada indikator Ennis (1962) sebagai berikut:

Tabel 7. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Sub Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator
1. Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	1. Memfokuskan Pertanyaan	a. Mengidentifikasi atau memformulasikan suatu pertanyaan. b. Mengidentifikasi atau merumuskan riteria untuk mempertimbangkan jawaban yang mungkin. c. Mengatur pikiran terhadap situasi yang sedang dihadapi.
	2. Menganalisis Argumen	a. Mengidentifikasi kesimpulan. b. Mengidentifikasi alasan yang dinyatakan atau tidak dinyatakan c. Mencari persamaan dan perbedaan d. Mengidentifikasi dan menangani ketidakrelevanan e. Mencari struktur sebuah argumen. f. Merangkum.
	3. Bertanya dan	a. Mengapa?

Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Sub Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator
	menjawab pertanyaan klarifikasi dan pertanyaan yang menantang.	b. Apa intinya, apa artinya? c. Apa contohnya, apa yang bukan contoh? d. Bagaimana mengaplikasikannya? e. Perbedaan apa yang menyebabkannya? f. Apa faktanya? g. Akankah Anda menyatakan lebih dari itu?
2. Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	4. Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak?	a. Keahlian. b. Mengurangi konflik interest. c. Kesepakatan antar sumber. d. Reputasi. e. Menggunakan prosedur yang ada. f. Mengetahui resiko g. Kemampuan memberikan alasan. h. Kebiasaan berhati-hati.
	5. Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	a. Ikut terlibat dalam menyimpulkan b. Dilaporkan oleh pengamat sendiri c. Mencatat hal-hal yang diinginkan d. Penguatan e. Kondisi akses yang baik. f. Penggunaan teknologi yang kompeten. g. Kepuasan observer atas kredibilitas kriteria.
3. Menyimpulkan (<i>Inferring</i>)	Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	a. Kelompok yang logis b. Mengkondisikan logika c. Menginterpretasikan pernyataan
	7. Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi	a. Membuat generalisasi b. Menyimpulkan dan berhipotesis
	8. Membuat dan mengkaji nilai hasil pertimbangan	a. Latar belakang fakta b. Konsekuensi c. Penerapan konsep, prinsip, hukum, asas d. Mempertimbangkan alternatif e. Menyeimbangkan, menimbang dan memutuskan.
4. Memberikan penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)	9. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi	a. Bentuk: sinonim, klarifikasi, rentang, ekspresi yang sama, operasional, contoh dan non contoh. b. Strategi definisi c. Konten (isi)
	10. Mengidentifikasi Asumsi	a. Alasan yang tidak dinyatakan b. Asumsi untuk rekonstruksi

Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Sub Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator
		argumen
5. Strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>).	11. Memutuskan suatu tindakan	a. Mendefinisikan masalah b. Memilih kriteria sebagai solusi c. Merumuskan alternatif-alternatif solusi d. Memutuskan hal-hal secara tentatif e. Mereview f. Memonitor implementasi
	12. Berinteraksi dengan orang lain	a. Memberi label b. Strategi logis c. Strategi retorik d. Mempresentasikan suatu posisi, baik lisan ataupun tulisan..

(Sumber: Ennis, 2011: 1-4)

3.3.2.2 Pemilihan Media (*Media Selection*)

Tahapan pemilihan media secara garis besar bertujuan untuk menentukan jenis media instruksional (misalnya, modul, handout, video, simulasi, e-book, atau lembar kerja) yang paling efektif dan efisien untuk menyampaikan konsep, mengakomodasi gaya belajar siswa, dan memecahkan masalah pembelajaran yang diidentifikasi. Pemilihan media ini didasarkan pada hasil analisis konsep, analisis tugas, dan karakteristik peserta didik dengan pertimbangan apakah media pembelajaran yang digunakan dapat membantu siswa untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasinya. Adapun kisi-kisi pemilihan media pembelajarannya sebagai berikut:

Tabel 8. Kisi-kisi Pemilihan Media Pembelajaran

No	Tahapan Model Pembelajaran ADI terintegrasi STEM	Media yang digunakan
1.	Identifikasi tugas	Video, Gambar, HP,
2.	Pengumpulan data	Video, Gambar, HP,
3.	Argumen tentative	LKPD, buku cetak Biologi, <i>Handout</i>
4.	Sesi argumentasi	LKPD, buku cetak Biologi, <i>Handout</i>
5.	Penyusunan laporan	Mikrosoft Word, laptop
6.	Review laporan	Draf laporan, lembar <i>peer-review</i>
7.	Revisi laporan	Draf laporan
8.	Diskusi reflektif	Lembar diskusi reflektif

3.3.2.3 Pemilihan Format (*Format Selection*)

Pemilihan format dalam hal ini bertujuan untuk merancang format atau pola penyajian materi. Ini mencakup penentuan strategi pembelajaran (misalnya, diskusi, problem-based learning, inkuiri), struktur kegiatan (pendahuluan, inti, penutup), dan desain tampilan media (tata letak, ilustrasi, visualisasi). Adapun rancangan format program pembelajaran ADI terintegrasi STEM pada topik fotosintesis yang dikembangkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Rancangan Format Program Pembelajaran

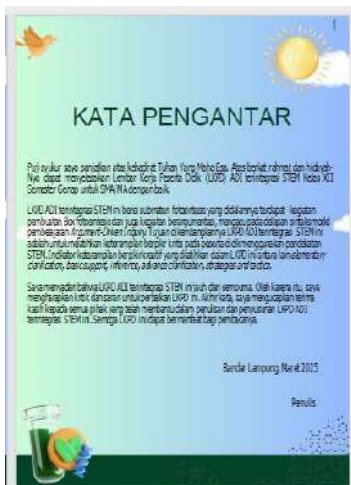
No	Bagian/ Komponen	Tampilan
1.	Cover	• Logo sekolah dan kurikulum yang digunakan • Judul program pembelajaran dan materi yang dibahas • Kolom jenjang, kelas, dan semester • Kolom nama • Nama Guru pengampu
2.	Bagian pendahuluan	• Kata pengantar • Daftar isi • Identitas program pembelajaran • Petunjuk penggunaan program pembelajaran • Fase, Capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran
3.	Isi	• Ringkasan materi • Link atau <i>barcode</i> video pembelajaran • Langkah Langkah pembelajaran ADI terintegrasi STEM • Alat dan bahan praktikum • Langkah langkah praktikum • Diskusi • Soal evaluasi
4.	Penutup	• Tabel nilai • Daftar Pustaka • Kesimpulan • Glosarium • Penutup

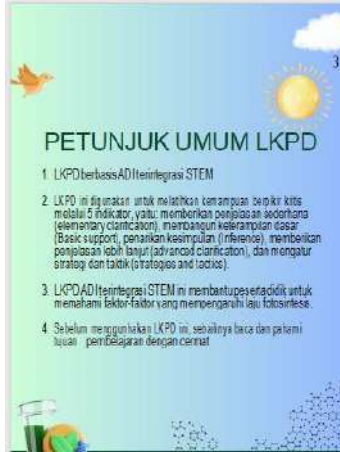
3.3.2.4 Perancangan Awal (*Initial Design*)

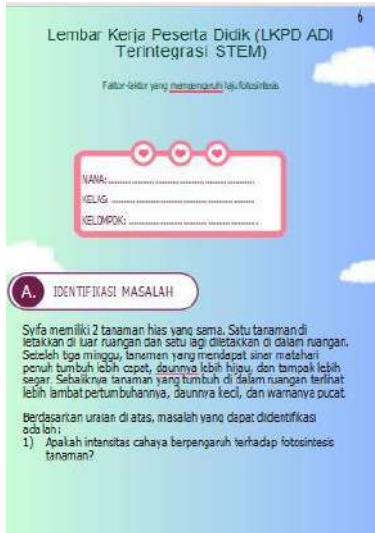
Perancangan Awal bertujuan untuk menghasilkan draf awal dari perangkat pembelajaran. Ini adalah tahap di mana semua komponen (modul ajar, LKPD, *handout*, instrumen tes) disatukan untuk membentuk produk yang siap untuk diuji coba pada tahap berikutnya. Adapun draf awal program pembelajaran dengan model pembelajaran ADI terintegrasi STEM mengacu pada *story board* pada

Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Story board LKPD

No	Scene	Keterangan
1.	Cover 	Terdiri dari: 1. Teks “Fotosintesis untuk SMA/MA KELAS XII” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 26 pt 2. Teks “LKPD” . Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 3. Teks “faktor yang mempengaruhi fotosintesis” . Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 16 pt 4. Teks “Identitas penulis” . Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 16 pt
2.	Kata pengantar 	5. Teks “Kata pengantar” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 6. Naskah kata pengantar : Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 22 pt

No	Scene	Keterangan
3.	Daftar isi 	7. Teks “DAFTAR ISI” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 8. Naskah kata pengantar : Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 28 pt
4.	Petunjuk penggunaan LKPD 	9. Teks “PETUNJUK UMUM LKPD” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 10. Teks “Penjabaran petunjuk umum LKPD” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 28 pt
5.	Capaian dan tujuan pembelajaran 	11. Teks “CAPAIAN PEMBELAJARAN” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 12. Teks “Penjabaran Capaian Pembelajaran” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 22 pt

No	Scene	Keterangan
6.	Identitas Peserta 	13. Teks “LKPD ADI TERINTEGRASI STEM” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 36 pt 14. Teks “IDENTITAS PESERTA” Jenis tulisan : Times New Roman karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang mudah dibaca. Ukuran : 12 pt
	Kegiatan pembelajaran 	15. Teks “kegiatan pembelajaran” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 26 pt 16. Teks “Penjabaran Pendahuluan, prosedur kerja” Jenis tulisan : <i>Tahoma</i> karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang mudah dibaca. Ukuran : 12 pt
9.	Evaluasi 	17. Teks “diskusi eksplisit dan reflektif” Jenis tulisan : Maiandra GD karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang terlihat menarik dan mudah dibaca peserta didik. Ukuran : 22pt 18. Teks “pertanyaan-pertanyaan” Jenis tulisan : <i>Tahoma</i> karena tulisan tersebut merupakan tulisan yang mudah dibaca. Ukuran : 12 pt

3.3.3 Tahap Pengembangan (*Development*)

Tujuan utama dari Tahap Pengembangan adalah menghasilkan program pembelajaran akhir yang telah teruji, divalidasi, dan direvisi sehingga siap untuk disebarluaskan. Tahap ini terdiri dari 2 langkah yaitu validasi ahli (*expert appraisal*) dan uji coba pengembangan (*Developmental testing*). Kedua Langkah tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.3.3.1 Validasi Ahli (*Expert Appraisal*)

Validasi oleh ahli dilakukan dengan tujuan untuk memvalidasi kualitas dan kelayakan draf awal produk secara teoritis dan konten. Produk diuji oleh para ahli (validator) di bidang materi (substansi), desain pembelajaran (pedagogi), dan media (visual/teknis). Kemudian, validasi praktisi bertujuan untuk mengetahui kepraktisan produk hasil pengembangan. Hasil validasi digunakan untuk merevisi produk agar mencapai tingkat keabsahan (*validity*) yang tinggi. Kisi kisi lembar validasi konstruksi, isi, dan keterbacaan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat Pada Tabel 11, 12, dan 13 sebagai berikut:

Tabel 11. Kisi Kisi Lembar Validasi Konstruksi

No	Aspek penilaian	Indikator
1.	Identitas modul ajar	Terdapat nama satuan pendidikan
		Terdapat kelas/ semester
		Terdapat mata pelajaran
		Terdapat materi pokok/tema
		Terdapat alokasi waktu
2.	Komponen utama modul ajar	Terdapat Capaian Pembelajaran (CP).
		Terdapat Elemen Pemahaman konsep, elemen keterampilan Proses.
		Terdapat Tujuan Pembelajaran (TP).
		Terdapat Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)
		Terdapat Materi Pembelajaran.
		Terdapat Media Pembelajaran dan Sumber Belajar
		Terdapat Langkah-langkah pembelajaran; Penilaian hasil belajar.
		Terdapat lampiran pendukung modul ajar
3.	Kelengkapan komponen modul ajar	Rumusan CP,TP dan ATP
		CP mencakup Pemahaman Biologi dan Keterampilan Proses sesuai dengan Kep Kepala BSKAP No 032/H/KR/Th 2024.
		Tujuan Pembelajaran (TP) mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang terdapat dalam CP
		Rumusan Tujuan Pembelajaran

		CP mencakup Pemahaman Biologi dan Keterampilan Proses sesuai dengan Kep Kepala BSKAP No 032/H/KR/Th 2024.
		Mencerminkan pencapaian kompetensi sikap, pengetahuan, keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi yang diharapkan.
		Memberikan gambaran proses pembelajaran dengan aktivitas keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi yang diharapkan.
		Memberikan gambaran pencapaian hasil pembelajaran pada keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi yang diharapkan.
		Dituangkan dalam bentuk deskripsi, memuat kompetensi yang hendak dicapai oleh peserta didik
		Materi Pembelajaran
		Cakupan materi sesuai dengan alokasi waktu yang ditetapkan
		Metode Pembelajaran
		Menggunakan pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM yang relevan dengan karakteristik mata pelajaran
		Menerapkan pembelajaran aktif yang merujuk pada pengembangan program pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM yang relevan dengan karakteristik mata pelajaran.
		Menggambarkan sintaks/tahapan ADI terintegrasi STEM dengan jelas.
		Sesuai dengan tujuan pembelajaran.
		Media Pembelajaran dan sumber Belajar
		Mendukung pencapaian kompetensi dan pembelajaran aktif dengan pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM.
		Memanfaatkan teknologi pembelajaran sesuai dengan konsep dan prinsip <i>Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)</i>
		Langkah kegiatan pembelajaran
		Memuat kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup.
3.		Kegiatan pendahuluan memuat apersepsi berupa identifikasi permasalahan, keterkaitan dengan konsep yang dipelajari sebelumnya, tujuan pembelajaran.
		Kegiatan inti memuat aktivitas pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM.
		Kegiatan penutup memuat, refleksi kegiatan pembelajaran, penguatan, dan informasi kegiatan berikutnya.

Tabel 12. Kisi Kisi Lembar Validasi Isi

No	Aspek penilaian	Indikator
1	Uraian/ langkah-langkah modul ajar	Modul Ajar mengikuti sintaks ADI terintegrasi STEM dan sesuai tujuan yang akan dicapai
		Ada interaksi antara ilmu IPA (Biologi), <i>ScientificProces</i> , teknologi, teknik (<i>engineering</i>), dan <i>mathematics</i>
		Penjelasan setiap langkah pada RPP/Modul Ajar saling terkait, tidak kontradiktif, dan konsisten terhadap tujuan yang dicapai
		Konsep yang diajarkan pada Modul Ajar mengasosiasikan permasalahan dalam dunia nyata yang dialami peserta didik.
2.	Sistem sosial	Peserta didik diberikan kesempatan aktif mengeksplorasi secara langsung dalam kelompok
		Peserta didik diberikan tantangan agar mendapatkan pengetahuan yang mendalam dalam kelompok
		Interaksi sosial peserta didik dalam kelompok dalam pembelajaran dengan RPP/Modul Ajar sesuai dengan sintak ADI terintegrasi STEM dan karakteristik materi Fotosintesis
3.	Prinsip reaksi	Aktivitas guru sebagai fasilitator dan motivator tidak bertentangan dengan kajian teori yang digunakan (tidak menjadikan guru sebagai pusat pembelajaran)
		Membimbing peserta didik dalam membuat strategi untuk pemecahan masalah tidak bertentangan dengan uraian Modul Ajar yang telah disusun
		Aktivitas guru dalam memberi bantuan pada peserta didik baik dalam menyelesaikan masalah dan berpendapat tidak bertentangan dengan uraian Modul Ajar yang telah disusun
1.	Sistem Pendukung	Media yang digunakan dalam pembelajaran tidak bertentangan dengan materi dan tujuan yang akan dicapai.
		Terdapat kesesuaian antara media/gambar/video dan tulisan/pernyataan.
		RPP/Modul Ajar tidak bertentangan dengan materi fotosintesis.
		Tampilan RPP/Modul Ajar menarik dan sesuai
2.	Dampak instruksional dan pengiring	Modul Ajar dapat memotivasi peserta didik dalam belajar
		Membuat peserta didik menjadi aktif dalam belajar dan berdiskusi
		Penguasaan konsep menjadi lebih terfokus.
		Memungkinkan peserta didik menjadi terampil berkomunikasi atau berpendapat, bekerjasama, dan menghargai pendapat orang lain.

Tabel 13. Kisi Kisi Lembar Validasi Bahasa

No.	Aspek Penilaian	Indikator
1.	Lugas	Ketepatan struktur kalimat
		Keefektifan kalimat
		Kebakuan istilah
2.	Komunikatif	Keterbacaan pesan
		Ketepatan penggunaan kaidah bahasa
		Keterbacaan pesan
3.	Dialogis dan interaktif	Kemampuan memotivasi diskusi
4.	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan peserta didik	Kesesuaian perkembangan intelektual peserta didik
		Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik
5.	Keruntutan dan keterpaduan alur pikir	Keruntutan dan keterpaduan pada setiap tahapan pembelajaran
		Keruntutan dan keterpaduan antar tahapan pembelajaran
6.	Penggunaan istilah, simbol, atau ikon	Konsistensi penggunaan istilah
		Konsistensi penggunaan simbol atau ikon.

Selanjutnya hasil produk yang telah di validasi kemudian direvisi sesuai dengan saran dan masukan validator atau ahli. Sehingga didapat program pembelajaran ADI terintegrasi STEM pada konsep fotosintesis yang tinggi, atau dengan kata lain dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi siswa.

3.3.3.2 Uji Coba Produk (*Developmental testing*)

Uji coba produk dilakukan setelah peneliti menyelesaikan validasi produk oleh validator ahli. Tujuannya adalah menguji efektivitas dan kepraktisan produk di lapangan, yaitu pada siswa target yang sebenarnya (atau sampelnya). Efektivitas menyangkut sejauh mana produk berhasil mencapai tujuan pembelajaran (diukur dengan tes kriteria), sedangkan kepraktisan menyangkut sejauh mana produk mudah digunakan oleh guru dan siswa. Uji coba pada penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 13 Bandar Lampung. Berdasarkan data uji coba, dilakukan revisi dan penyempurnaan produk hingga menghasilkan produk yang layak (valid), praktis, dan efektif sebelum dipublikasikan atau digunakan secara luas. Revisi dilakukan berdasarkan hasil analisis respon guru yang meliputi aspek kesesuaian isi dan konstruksi dan analisis tanggapan siswa terhadap program pembelajaran yang

dikembangkan. Draft program pembelajaran yang direvisi berdasarkan hasil respon guru dan peserta didik disebut sebagai draft 3.

3.3.4 Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap *disseminate* bertujuan untuk memperkenalkan, menyebarkan, dan menerapkan produk atau perangkat pembelajaran final yang telah divalidasi dan diuji coba (dari Tahap Develop) ke khalayak sasaran yang lebih luas (pengguna akhir yang sesungguhnya). Adapun langkah-langkah pada tahap ini adalah sebagai berikut:

3.3.4.1 *Validating testing*

Pada tahap ini produk program pembelajaran yang sudah direvisi pada tahap pengembangan diimplementasikan pada target yang sesungguhnya. Tujuannya adalah menguji efektivitas program pembelajaran pada skala yang lebih besar untuk mengonfirmasi bahwa produk berfungsi secara efektif di lingkungan nyata sebelum benar-benar disebarluaskan. Memperoleh data terakhir untuk memverifikasi bahwa produk telah memenuhi kriteria keberhasilan yang ditetapkan.

3.3.4.2. *Packaging*

Langkah ini berfokus pada persiapan produk agar siap didistribusikan kepada pengguna. Tujuannya adalah menyiapkan produk dalam format yang menarik, mudah digunakan, dan lengkap dengan panduan pendukung. Meliputi penulisan buku petunjuk penggunaan (bagi guru dan siswa), pencetakan, atau konversi produk ke dalam format digital yang sesuai (misalnya, membuat aplikasi, *e-book*, atau situs web).

3.3.4.3. *Diffusion and Adoption*

Langkah ini adalah inti dari penyebaran, yaitu memastikan produk diterima dan digunakan oleh masyarakat luas. Tujuannya adalah memperkenalkan produk secara efektif dan mendorong pengadopsian produk oleh khalayak sasaran. Pada tahap difusi, dilakukan sosialisasi melalui seminar, pelatihan guru, publikasi jurnal, atau media lainnya untuk menginformasikan keberadaan dan manfaat

produk. Sementara tahap adopsi bertujuan mendorong sekolah, guru, atau institusi terkait untuk mengambil dan mengimplementasikan produk tersebut dalam proses pembelajaran mereka.

3.4 Subyek dan Lokasi Penelitian

Subyek pada penelitian pengembangan program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkola-borasi ini adalah peserta didik kelas XII di SMA negeri 13 Bandar Lampung.

3.5 Data dan Teknik Pengumpulan data

Data penelitian ini terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif. Data dari validasi ahli dan angket praktikalitas bersifat kuantitatif (diolah dengan statistik deskriptif), sedangkan masukan/komentar revisi dari validator dan hasil wawancara bersifat kualitatif. Adapun jenis data dan teknik pengumpulan data disajikan secara lengkap sebagai berikut:

Tabel 14. Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Tahap Pengembangan	Data yang Dikumpulkan	Teknik Pengumpulan Data Utama
<i>I. Define</i> (Pendefinisian)		
Analisis Awal-Akhir	Informasi tentang masalah, latar belakang, dan harapan hasil (kesenjangan).	Studi Literatur (untuk gap antara teori & praktik).
Analisis Siswa	Karakteristik, kemampuan awal, gaya belajar, dan minat siswa.	Observasi (di kelas atau lingkungan belajar). Wawancara (dengan guru dan siswa). Tes Awal (<i>Pre-test</i>) atau Angket.
Analisis Konsep	Struktur hierarki konsep, definisi, dan hubungan antar materi.	Analisis Dokumen (kurikulum, silabus, buku teks). Wawancara (dengan ahli materi).
Analisis Tugas	Rincian sub-keterampilan dan urutan langkah untuk mencapai kompetensi.	Analisis Dokumen (standar kompetensi). Wawancara dengan guru atau praktisi.
Perumusan Tujuan	Tujuan pembelajaran yang spesifik, terukur, dan operasional (ABCD).	Hasil sintesis dari keempat analisis di atas.
<i>II. Design</i> (Perancangan)		

Tahap Pengembangan	Data yang Dikumpulkan	Teknik Pengumpulan Data Utama
Perancangan Awal	Draf produk (media, materi, strategi) dan instrumen tes acuan patokan.	Studi Literatur (mencari format dan model desain yang sesuai).
<i>III. Develop</i> (Pengembangan)		
Validasi Ahli	Kelayakan, keabsahan (<i>validity</i>), dan konsistensi produk secara teoritis.	Angket Validasi Ahli (menggunakan skala Likert atau Guttman) kepada: ahli materi, ahli media/desain, dan ahli bahasa.
Uji Coba Lapangan	Kepraktisan (<i>practicality</i>) dan Keefektifan (<i>effectiveness</i>) produk.	Angket/Kuesioner Respon Guru dan Siswa (untuk kepraktisan). Tes Hasil Belajar (<i>Post-test</i> , menggunakan tes kriteria yang dibuat di Tahap <i>Design</i>). Observasi (saat produk diimplementasikan). Wawancara (untuk umpan balik mendalam).
<i>IV. Disseminate</i> (Penyebarluasan)		
Implementasi Skala Luas	Data adopsi, penerimaan, dan kemudahan implementasi di lingkungan yang lebih luas.	Angket Adopsi/Kepuasan Pengguna pada sampel yang lebih besar. Dokumentasi dan Pelaporan.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data kualitatif dan kuantitatif pada setiap tahapan, terutama pada Tahap *Define* dan *Develop*. Berikut adalah instrumen penelitian utama yang umum digunakan dalam pengembangan dengan Model 4D:

3.6.1 Instrumen pada tahap *Define*

Tahap ini berfokus pada pengumpulan data awal untuk mengidentifikasi masalah, kebutuhan, dan karakteristik target. Adapun rincian instrumen pada tahap *define* dirinci pada Tabel 16 berikut.

Tabel 15. Tabel analisis kebutuhan peserta didik

Instrumen	Tujuan Penggunaan	Data yang Diperoleh
Angket Kebutuhan/Analisis Siswa	Mengidentifikasi minat, gaya belajar, dan harapan peserta didik terhadap produk yang akan dikembangkan.	Data kualitatif dan kuantitatif mengenai profil dan preferensi peserta didik
Instrumen	Tujuan Penggunaan	Data yang diperoleh
Pedoman Wawancara	Mengumpulkan data mendalam dari guru dan ahli mengenai masalah pembelajaran, kebutuhan, dan kesesuaian materi.	Opini dan perspektif guru/ahli mengenai kesulitan materi dan efektivitas media yang sudah ada.
Pedoman Observasi	Mengamati kondisi pembelajaran aktual di kelas (metode, media yang digunakan, dan aktivitas siswa) untuk analisis awal.	Catatan lapangan mengenai proses pembelajaran dan kondisi lingkungan belajar.
Tes Awal (<i>Pre-test</i>)	Mengukur pengetahuan awal dan kompetensi prasyarat siswa sebelum intervensi produk.	Skor kemampuan awal siswa (baseline data).
Format Analisis Dokumen	Menganalisis kurikulum, silabus, buku teks, dan standar kompetensi untuk memetakan konsep dan tugas.	Peta konsep, daftar konsep kunci, dan rincian kompetensi.

3.6.1.1 Angket Respon Guru

Angket respon guru yang disusun untuk mengetahui karakteristik program pembelajaran yang mereka gunakan. Angket berisi 15 pertanyaan “ya” atau “tidak” dengan memberikan alasan mengapa memilih jawaban tersebut. Adapun rincian instrumen pada tahap *define* dirinci pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Tabel respon guru terhadap program pembelajaran

No.	Instrumen	Tujuan penggunaan	Data yang diperoleh
1.	Angket respon terhadap pengembangan program pembelajaran berbasis fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi.	Mengidentifikasi wawasan guru terkait model ADI terintegrasi STEM, Keterampilan berpikir kritis, keterampilan berkolaborasi peserta didik, sumber belajar yang biasa digunakan	Data kualitatif dan kuantitatif fakta-fakta di lapangan terkait pengetahuan guru mengenai model ADI terintegrasi STEM, keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik, sumber belajar yang biasa digunakan oleh guru.

3.6.1.2 Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik yang disusun untuk mengetahui karakteristik program pembelajaran yang mereka gunakan di sekolah. Angket berisi 10 pertanyaan “ya” atau “tidak dengan memberikan alasan mengapa memilih jawaban tersebut.

Angket disebarakan melalui grup *whatsapp* kelas XII oleh guru mata pelajaran Biologi. Adapun rincian instrumen pada tahap *define* dirinci pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17. Respon Peserta Didik

No.	Instrumen	Tujuan penggunaan	Data yang diperoleh
1.	Angket respon peserta didik terhadap pengembangan program pembelajaran fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi.	Mengidentifikasi karakteristik peserta didik dalam pembelajaran, mengetahui tingkat berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik, serta untuk mengetahui apakah peserta didik pernah melakukan pembelajaran fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM.	Data kualitatif dan kuantitatif fakta-fakta di lapangan terkait karakteristik peserta didik dalam pembelajaran, mengetahui tingkat berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik, serta untuk mengetahui apakah peserta didik pernah melakukan pembelajaran fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM.

3.6.2 Instrumen pada tahap *Design*

Pada tahap ini, instrumen utama yang dibuat adalah instrumen evaluasi yang akan digunakan pada tahap *Develop*. Adapun rincian instrument pada tahap *Design* dirinci pada Tabel 18 berikut.

Tabel 18. Rincian Instrumen Pada tahap Design

Instrumen	Tujuan Penggunaan
Tes Acuan Patokan (Tes Kriteria)	Dirancang berdasarkan tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan untuk mengukur keefektifan produk.
Pedoman Wawancara/Angket Awal	Dirancang untuk menguji kepraktisan instrumen tes acuan patokan itu sendiri.

3.6.3 Instrumen pada tahap *Develop*

Pada tahap ini, instrumen utama yang dibuat adalah instrumen validasi, kepraktisan, dan keefektifan produk. Adapun rincian instrumen pada tahap develop dirinci pada tabel 19 berikut.

Tabel 19. Rincian Instrumen pada Tahap *Develop*

Instrumen	Tujuan Penggunaan	Data yang Diperoleh
Lembar Validasi Ahli	Mengukur tingkat keabsahan (validity) produk dari segi materi, media/desain, dan bahasa oleh para pakar.	Skor kuantitatif (biasanya skala Likert) dan komentar/saran kualitatif untuk revisi produk.
Angket Respon Guru dan Siswa	Mengukur tingkat kepraktisan (practicality) dan daya tarik produk saat digunakan di kelas.	Skor kuantitatif mengenai kemudahan penggunaan, efisiensi waktu, dan daya tarik produk.
Tes Hasil Belajar (Post-test)	Mengukur tingkat keefektifan (effectiveness) produk. (Menggunakan instrumen yang dirancang pada Tahap Design).	Skor hasil belajar siswa setelah menggunakan produk. Data ini digunakan untuk menghitung efektivitas dan peningkatan hasil belajar (N-Gain).
Lembar Observasi Implementasi	Mencatat pelaksanaan produk di kelas (misalnya, aktivitas guru dan siswa saat menggunakan media).	Data kualitatif tentang kesesuaian implementasi dengan panduan produk.

3.6.3.1 Angket Validasi Ahli

Angket validasi yang digunakan terlebih dahulu divalidasi oleh dosen, yaitu dari Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung. Adapun rincian instrument pada tahap develop dirinci pada tabel 20 berikut.

Tabel 20. Rincian Angket validasi Ahli

No.	Instrumen	Tujuan penggunaan	Data yang diperoleh
1.	Lembar validasi konstruksi	Untuk mendapatkan penilaia ahli terhadap struktur, sistematika dan kejelasan program pembelajaran fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM	Data kuantatif berupa skor penilaian terhadap setiap indikator aspek konstruksi. Data kualitatif berupa saran dan masukan dari ahli sebagai acuan revisi.
2.	Lembar validasi kesesuaian isi	Untuk memperoleh penilaian ahli terhadap ketepatan substansi	Data kuantitatif berupa skor penilaian terhadap setiap

		materi fotosintesis dalam perangkat pembelajaran berbasis ADI terintegrasi STEM.	indikator. Data kualitatif berupa saran perbaikan dari validator, yang dianalisis untuk menentukan tingkat validitas isi serta digunakan sebagai dasar revisi perangkat pembelajaran sebelum tahap uji coba.
--	--	--	--

3.6.3.2 Instrumen pada uji coba produk

3.6.3.2.1 Angket respon guru

Angket ini berisi pernyataan-pernyataan yang dimaksudkan untuk menilai aspek kesesuaian isi dan kemenarikan program pembelajaran. Angket juga dilengkapi dengan kolom saran/masukan yang dimaksudkan untuk memberikan ruang kepada guru bila ingin menuliskan saran/masukan guna perbaikan produk. Instrumen aspek kesesuaian isi sama dengan instrumen aspek kesesuaian isi pada validasi ahli. Kemudian aspek kemenarikan yang dinilai yaitu segi pewarnaan, tata letak dan perwajahan LKPD.

3.6.3.2.2 Angket respon peserta didik

Angket ini berisi pernyataan-pernyataan yang dimaksudkan untuk menilai kemenarikan desain LKPD. Angket ini dilengkapi pula dengan kolom saran yang dimaksudkan untuk memberikan ruang kepada peserta didik bila ingin menuliskan saran/masukan guna perbaikan produk .

3.6.3.2.3 Tes keterampilan berpikir kritis

Instrumen pada tahap implementasi produk berupa soal *pretest* dan *posttest* untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik. Agar data yang diperoleh sah dan dapat dipercaya, maka instrumen yang digunakan harus valid dan bersifat reliabel atau ajeg. Untuk itu, perlu dilakukan pengujian terhadap instrumen yang akan digunakan. Dalam konteks pengujian instrumen dapat dilakukan dengan dua macam cara, yaitu cara judgment atau penilaian, dan pengujian empirik. Sebuah instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur

apa yang diinginkan dan dapat mengungkap data dari variabel yang diteliti secara tepat (Arikunto, 2013).

3.6.3.2.4 Lembar Observasi Keterampilan Berkolaborasi

Instrumen pada tahap implementasi produk berupa lembar observasi untuk mengukur keterampilan berkolaborasi peserta didik saat kegiatan pembelajaran berlangsung. Lembar observasi disusun berdasarkan indikator keterampilan kolaborasi berdasarkan pandangan Greenstein (2012). Indikator tersebut kemudian dijabarkan menjadi 14 pernyataan. Pengisian lembar observasi keterampilan kolaborasi dilakukan dengan memberi tanda centang pada kolom “Ya” dan “Tidak” pada setiap pernyataan.

3.6.3.2.5 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterlaksanaan pembelajaran Biologi di kelas eksperimen. Lembar observasi diisi oleh satu orang guru Biologi yang berisi pertanyaan-pertanyaan berkaitan dengan keterlaksanaan unsur-unsur pembelajaran, yang meliputi sintak pembelajaran dan sistem sosial. Penilaian yang dilakukan oleh guru biologi diukur dalam bentuk skala 1 sampai 4.

3. 6. 4 Instrumen Pada Tahap *Disseminate*

Instrumen yang digunakan pada tahap ini menggunakan instrumen yang sama dengan instrumen yang digunakan pada tahap uji coba produk. Pada tahap *disseminate* peneliti menggunakan instrumen tes keterampilan berpikir kritis dan lembar observasi sebagai instrumen keterampilan berkolaborasi untuk menguji efektivitas produk yang dikembangkan. Selain itu, peneliti juga menggunakan instrumen lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran untuk mengukur kepraktisan dari program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan angket dan tes. Pada penelitian ini, penyebaran angket dilakukan pada tahap *define* untuk mengetahui program pembelajaran yang digunakan oleh guru dan peserta didik di sekolah. Pada penelitian ini, angket validasi ahli, angket respon guru dan

peserta didik terhadap program pembelajaran hasil pengembangan. Validasi dilakukan dengan memperlihatkan program pembelajaran, kemudian meminta validator untuk mengisi angket validasi kesesuaian isi dan konstruksi program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM yang telah disediakan.

Aspek kepraktisan diukur menggunakan angket respon guru dan angket respon peserta didik. Pada tahap uji coba produk secara terbatas yaitu dengan meminta respon guru dan peserta didik, pengumpulan data dilakukan dengan memberikan program pembelajaran, kemudian meminta guru untuk mengisi angket kesesuaian isi dan kemenarikan, kemudian meminta peserta didik mengisi angket kemenarikan yang telah disediakan. Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui efektivitas program pembelajaran hasil pengembangan yaitu dengan menggunakan tes. Tes yang diberikan berupa tes tertulis (*pretest dan posttest*). Pada tahap implementasi produk, teknik pengumpulan data juga menggunakan angket untuk mengetahui respon guru dan peserta didik terhadap pembelajaran dengan menggunakan program pembelajaran yang telah dikembangkan

3.8 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian pengembangan ini dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu Analisis Data Kualitatif dan Analisis Data Kuantitatif, sesuai dengan jenis data yang dikumpulkan di setiap tahapan.

3.8.1 Analisis Data Kualitatif (Tahap *Define* dan *Develop*)

Teknik ini digunakan untuk mengolah data non-numerik, seperti hasil wawancara, observasi, analisis dokumen, dan kritik/saran dari validator dan pengguna.

Analisis data kualitatif pada penelitian ini dirinci dalam Tabel 20 Berikut:

Tabel 21. Rincian Analisis Data Kuantitatif

Teknik Analisis	Tahap Penggunaan	Tujuan
Analisis Isi (<i>Content Analysis</i>)	<i>Define & Develop</i>	Mengolah dan menafsirkan data dari wawancara, observasi, dan saran perbaikan dari validator.
Teknik Analisis	Tahap Penggunaan	Tujuan

Penyimpulan (Sintesis)	<i>Define</i>	Merangkum dan menyimpulkan data dari berbagai analisis (siswa, konsep, tugas) untuk merumuskan tujuan pembelajaran dan masalah inti pengembangan.
Reduksi Data	<i>Develop</i>	Memilah dan memilih saran atau kritik dari ahli dan pengguna yang relevan untuk proses revisi produk.
Interpretasi Naratif	<i>Develop</i>	Menjelaskan hasil observasi selama uji coba, misalnya bagaimana guru mengimplementasikan produk dan respon peserta didik secara non-verbal.

3.8.2 Analisis Data Kuantitatif (Tahap *Develop* dan *Disseminate*)

Teknik ini digunakan untuk mengolah data numerik, terutama dari lembar validasi, angket kepraktisan, dan tes hasil belajar.

3.8.2.1 Analisis Kelayakan dan Kepraktisan (*Validity & Practicality*)

Analisis ini menggunakan data dari lembar validasi ahli dan angket respon guru/siswa. Analisis kelayakan dan kepraktisan pada penelitian ini dirinci dalam Tabel 22 berikut:

Tabel 22. Analisis Kelayakan dan Kepraktisan (*Validity & Practicality*)

Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
Statistik deskriptif	Skor rata-rata (mean), persentase, dan standar deviasi dari angket validasi (skala likert) dan angket kepraktisan	Menentukan tingkat keabsahan (validitas) dan kepraktisan produk. Biasanya hasilnya dikonversi ke dalam kategori deskriptif (Sangat Baik, Baik, Cukup, Kurang).
Perhitungan reliabilitas	Skor angket/tes dari ujicoba terbatas	Mengukur konsistensi instrumen dan produk. Dapat menggunakan rumus alpha cronbach
Rata-rata persentase	Skor dari validator ahli	Menghitung secara spesifik kesepakatan antar validator mengenai kelayakan setiap item produk

3.8.2.2 Analisis Keefektifan (*Effectiveness*)

Analisis ini menggunakan data dari tes hasil belajar (*Pretest* dan *Posttest*).

Analisis keefektifan pada penelitian ini dirinci dalam Tabel 23 Berikut:

Tabel 23 Analisis Keefektifan

Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
Uji N-Gain (Normalized Gain)	Perbedaan skor Pre-test dan Post-test.	Mengukur peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan produk. [Formula N-Gain]
Statistik Inferensial (Uji-t atau ANOVA)	Skor Post-test, seringkali dibandingkan dengan kelompok kontrol (jika menggunakan desain eksperimen).	Menguji signifikansi perbedaan efektivitas antara produk yang dikembangkan dengan metode/media yang sudah ada.
Analisis Ketuntasan Belajar	Skor Post-test siswa.	Menghitung persentase siswa yang mencapai kriteria ketuntasan minimal (KKM). baik secara individu maupun klasikal.

3.5.1 Teknik analisis data pada tahap *define*

Pada tahap analisis awal, dilakukan analisis terhadap angket analisis kebutuhan guru dan peserta didik yang dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian dianalisis atau diinterpretasikan secara kualitatif dan deskriptif. Langkah-langkah yang dilakukan secara terperinci dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 24. Teknik analisis data terhadap angket analisis kebutuhan guru dan peserta didik

No.	Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
1.	Pengelompokan jawaban berdasarkan butir pertanyaan angket	Data jawaban angket analisis kebutuhan guru dan peserta didik	Mengorganisasi data sesuai dengan setiap indikator atau pertanyaan agar mudah dianalisis
2.	Pemberian skor pada setiap alternatif jawaban	Data kualitatif hasil respon angket yang telah ditentukan kriteria penskorannya	Mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif untuk memudahkan proses perhitungan
3.	Perhitungan jumlah skor pada setiap	Skor jawaban responden pada tiap item angket	Mengetahuikecenderungan respon responden

	butir pertanyaan		pada setiap aspek
No.	Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
4.	Perhitungan persentase skor menggunakan rumus persentase $\%J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\%$ (Sudjana, 2005)	Data skor dan jumlah responden	Menentukan tingkat persentase respon pada setiap item sebagai dasar interpretasi kebutuhan
No.	Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
5.	Penafsiran dan analisis deskriptif terhadap hasil persentase	Data persentase hasil perhitungan	Mendeskripsikan dan menginterpretasikan kebutuhan guru dan peserta didik secara kualitatif dan naratif

3.5.2 Teknik Analisis Data Kevalidan

Teknik analisis data hasil validasi ahli terhadap program pembelajaran yang dikembangkan secara terperinci dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 25. Rincian teknik analisis data hasil validasi ahli

No.	Teknik Analisis	Data yang Diolah	Tujuan
1.	Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket	Data jawaban validator	Mengorganisasi data sesuai dengan setiap indikator atau pertanyaan agar mudah dianalisis
2.	Memberi skor pada jawaban responden. Penskoran jawaban responden dalam angket dilakukan berdasarkan skala <i>Likert</i> 4 (SS=4, S= 3, KS=2 dan TS=1) dan skala <i>Likert</i> 2 (ya =2, tidak = 1)	Data kuantitatif hasil jawaban responden yang telah ditentukan kriteria penskorannya	Mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif untuk memudahkan proses perhitungan
3.	Menghitung persentase skor jawaban angket pada setiap pertanyaan dengan $\%X_{in} = \frac{\sum S}{S_{maks}} \times 100\%$	Skor jawaban validator pada tiap item angket	Mengetahui kecenderungan respon responden pada setiap aspek yang diukur

	(Sudjana, 2005b) Keterangan : $\%X_{in}$ = Persentase jawaban responden pada angket $\sum S$ = Jumlah skor jawaban S_{maks} = Skor maksimum yang diharapkan		
4.	Menghitung rata-rata persentase skor jawaban setiap angket untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi dan konstruksi LKPD yang dikembangkan dengan rumus sebagai berikut: $\overline{\%X_i} = \frac{\sum \%X_{in}}{n}$ (Sudjana, 2005b) Keterangan : $\overline{\%X_i}$ = Rata-rata persentase jumlah terhadap pernyataan pada angket $\sum \%X_{in}$ = Persentase jawaban terhadap semua pernyataan pada angket n = Jumlah pertanyaan pada angket.	Data skor jawaban validator	Menentukan tingkat persentase respon pada setiap item sebagai dasar interpretasi kevalidan
5.	Menafsirkan rata-rata persentase angket dengan menggunakan tafsiran menurut (Arikunto, 2013). Dimana persentase 76-100=valid, 51-75=cukup validi, 26-50=kurang valid, <26=tidak valid).	Data persentase hasil perhitungan	Menentukan tingkat persentase respon pada setiap item sebagai dasar interpretasi kevalidan

3.8.2.1 Angket respon guru dan peserta didik

Teknik analisis data angket respon peserta didik dan respon guru terhadap program pembelajaran yang dikembangkan dilakukan dengan cara berikut:

Tabel 26. Penskoran pada Angket Respon Guru Berdasarkan Skala Likert 4.

No.	Pilihan jawaban	Skor
1.	Sangat Sesuai (SS)	4
2	Sesuai (S)	3
3	Kurang Sesuai (KS)	2
4.	Tidak Sesuai (TS)	1

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket.
2. Memberi skor pada jawaban responden. Penskoran jawaban responden dalam angket dilakukan berdasarkan skala Likert 4 dan skala Likert 2.
3. Nilai dari data yang dihasilkan merupakan presentase dari nilai rata-rata perindikator dari jawaban responden. Nilai rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (\text{Arikunto, 2021}).$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah nilai skor

n = Jumlah individu skor

Dari perhitungan skor masing-masing pertanyaan, dicari presentasi jawaban keseluruhan respondes dengan rumus:

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\% \quad (\text{Asyhari \& Silvia, 2016}).$$

Keterangan :

P = Persentase

$\sum x$ = Jumlah jawaban responden dalam satu item

$\sum x_i$ = Jumlah nilai ideal dalam item

Tabel 27. Penskoran pada angket respon guru & peserta didik berdasarkan skala likert 2.

No.	Pilihan Jawaban	Skor
1.	Ya	2
2.	Tidak	1

Adapun kriteria validasi yang digunakan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 28. Kriteria respon guru dan peserta didik

Persentase (%)	Kriteria
80,1 – 100	Sangat Tinggi
60,1 – 80,0	Tinggi
40,1 – 60,0	Sedang
20,1 – 40,0	Rendah
0,0 – 20,0	Sangat Rendah

3.8.2. Teknik Analisis Data Kepraktisan

3.8.2.1 Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan program pembelajaran model ADI terintegrasi STEM

Analisis keterlaksanaan sintaks ADI terintegrasi STEM dilakukan dengan menghitung jumlah skor yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek pengamatan. Berikut ini adalah aspek keterlaksanaan sintaks yang akan dilakukan dalam proses pembelajaran:

Tabel 29. Keterlaksanaan sintaks

No	Aspek yang diamati	Terlaksana		Penilaian			
		Ya	Tidak	1	2	3	4
I.	Kesiapan						
	1. Menyiapkan media						
	2. Sumber-sumber kepustakaan						
II.	Pelaksanaan Pembelajaran						

	A. Kegiatan Awal						
	1. Menyampaikan tujuan pembelajaran						
	2. Mengkomunikasikan capaian pembelajaran yang ada pada LKPD						
	3. Menyampaikan informasi kepada Siswa tentang materi yang akan dipelajari						
	B. Kegiatan Inti						
	1. Identifikasi Tugas (<i>Identification of The Task</i>). Memperkenalkan topik utama yang akan dipelajari dan memulai kegiatan penyelidikan						
	2. Pengumpulan Data (<i>Data Generation</i>) Mengembangkan metode (misalnya, percobaan, pengamatan sistematis) untuk mengatasi masalah atau menjawab pertanyaan penelitian dan kemudian menggunakan metode tersebut untuk mengumpulkan data						
	3. Produksi Argumen Tentatif (<i>Production of Tentative Argument</i>). Menyusun argumen yang terdiri dari klaim, bukti-bukti pendukung, dasar pemikiran.						
	4. Sesi Argumentasi (<i>Argumentation session</i>). Berbagi argumen dengan kelompok lain dan mengkritik pekerjaan orang lain untuk menentukan klaim mana yang paling valid dan dapat diterima						
	5. Penyusunan Laporan Investigasi (<i>Creation of An Investigation Report</i>) Membuat laporan penyelidikan sesuai format yang telah ditentukan						
	6. Peninjauan Teman Sejawat						

	Secara <i>Double Blind (Double Blind Peer Review)</i> . Laporan yang telah dibuat, dikumpulkan kepada guru. Guru membagikan laporan secara acak kepada kelompok lain disertai lembar tinjauan sejawat						
	7. Revisi Laporan Investigasi (<i>Revision of The Investigation report</i>)						
No	Aspek yang Diamati	Terlaksana		Penilaian			
		Ya	Tidak	1	2	3	4
	Merevisi hasil laporan berdasarkan hasil review teman sejawat. Jika laporan yang direvisi telah mencapai tingkat kualitas yang baik dan dapat diterima maka laporan dapat dikumpulkan. Namun jika revisi laporan belum dapat diterima maka dikembalikan kepada penulis untuk direvisi kembali.						
	C. Kegiatan Akhir						
	Mereview pembelajaran yang telah dilakukan kemudian mengecek pemahaman peserta didik tentang yang telah dipelajari						
III	Pengelolaan Waktu						
IV	Antusiasme Kelas						
	1. Siswa antusias						
	2. Guru antusias						
JUMLAH							
(%) TINDAKAN							

Dari skor tersebut kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan rumus:

$$\%J_i = \left(\frac{\sum J_i}{N} \right) \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan:

- $\%J_i$ = Persentase pilihan jawaban-i
 $\sum J_i$ = Jumlah skor responden yang menjawab jawaban-i
 N = Skor Maksimal

Tabel 30. Kriteria Tingkat Keterlaksanaan

Persentase (%)	Kriteria
80,1 – 100	Sangat Tinggi
60,1 – 80,0	Tinggi
40,1 – 60,0	Sedang
20,1 – 40,0	Rendah
0,0 – 20,0	Sangat Rendah

3.8.3 Analisis data uji validitas dan reliabilitas soal pretes/postes

Teknik uji validitas dan reliabilitas soal tes dilakukan sebelum soal digunakan untuk pretes dan postes. Adapun cara yang dilakukan untuk mengetahui validitas soal tes yaitu:

1. Mencari korelasi *product moment* dengan skor kasar yang diperoleh.
2. Menentukan taksiran validitas soal (*product moment*)

Tabel 31. Makna koefisien korelasi *product moment* menurut Arikunto (2010)

Presentase	Kriteria
0,800– 0,100	Sangat tinggi
0,600 - 0,800	Tinggi
0,400 - 0,600	Sedang
0,200 - 0,400	Rendah
0,000 - 0,200	Sangat rendah

Kemudian, uji reliabilitas soal tes dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *alpha cronbach*, sebagai berikut:

$$r_{11} = \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right]$$

Keterangan :

r_{11} = koefisien reliabilitas instrument (total tes)

k = jumlah butir pertanyaan yang sah

$\sum \sigma_b^2$ = jumlah varian butir

σ_t^2 = varian skor total

3. Menafsirkan mutu reliabilitas berdasarkan Tabel berikut ini

Tabel 32. Tafsiran reliabilitas soal

Reliabilitas Soal Tes	Klasifikasi	Tafsiran
0.000 – 0.400	Rendah	Revisi
0.401 – 0.700	Sedang	Revisi Kecil
0.701 – 1.000	Tinggi	Dipakai

3.8.4 Teknik Analisis Data Skor Hasil Pretes dan Postes

Skor hasil pretes dan postes diubah menjadi nilai, selanjutnya nilai pretes dan postes digunakan untuk mencari *n-Gain* kelas eksperimen guna mengetahui seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi pada kelas eksperimen.

3.8.4.1 Perhitungan nilai peserta didik

Nilai pretes dan postes untuk keterampilan berpikir kreatif peserta didik dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Peserta didik} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100$$

3.8.4.2 Perhitungan *n-Gain*

Untuk mengetahui besarnya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen, maka dilakukan analisis nilai gain ternormalisasi (*n-Gain*).

Rumus *n-Gain* menurut (Hake, 1998) adalah sebagai berikut:

$$n\text{-Gain} = \frac{\%postes - \%pretes}{100 - \%pretest}$$

Hasil perhitungan *n-Gain* kemudian dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang dinyatakan oleh (Hake, 1998) sebagaimana Tabel 25.

Tabel 33. Kategori *n-Gain*

Besarnya <i>n-Gain</i>	Kategori
$n\text{-Gain} \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n\text{-Gain} < 0,7$	Sedang
$n\text{-Gain} < 0,3$	Rendah

3.8.4.3 *Effect size*

Berdasarkan hasil perhitungan uji perbedaan dua rata-rata pretes-postes dengan *paired sample t-test*, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan ukuran pengaruh program pembelajaran ADI trintegrasi STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi siswa digunakan rumus:

$$Effect\ size = \frac{d}{\sqrt{d^2 + 4}} \quad (\text{Dyncer, 2015}).$$

Hasil perhitungan *effect size* dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi berikut ini

Tabel 34. Nilai *Effect Size*

Nilai <i>effect size</i>	Kriteria
$\mu \leq 0,15$	efek diabaikan (sangat kecil)
$0,15 < \mu \leq 0,40$	efek kecil
$0,40 < \mu \leq 0,75$	efek sedang
$0,75 < \mu \leq 1,10$	efek besar
$\mu > 1,10$	efek sangat besar

3.9 Teknik Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis menggunakan uji-t. Langkah-langkah pengujian hipotesis adalah: uji normalitas dan uji perbedaan dua rata-rata.

3.9.1 Uji normalitas

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah kedua kelompok sampel berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak.

Rumusan hipotesis untuk uji normalitas adalah:

H₀ : sampel berasal dari populasi berdistribusi normal

H₁ : sampel berasal dari populasi berdistribusi tidak normal

Pada penelitian ini uji normalitas menggunakan SPSS 26 dengan kriteria uji apabila nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka data tersebut berdistribusi normal (terima H₀).

3.9.2 Uji perbedaan dua rata-rata

Pada penelitian uji perbedaan dua rata-rata menggunakan program SPSS 26 dengan *paired sampel t-test*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata nilai pretes keterampilan berpikir kritis siswa berbeda secara signifikan dengan rata-rata nilai postes keterampilan berpikir kritis siswa. Adapun rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Hipotesis (keterampilan berpikir kritis peserta didik)

- H0: Rata-rata nilai postes keterampilan berpikir kritis peserta didik lebih tinggi dari rata-rata nilai pretes keterampilan berpikir kritis peserta didik
- H1: Rata-rata nilai postes keterampilan berpikir kritis siswa lebih rendah dari rata-rata nilai pretes keterampilan berpikir kritis siswa.

Hipotesis (keterampilan berkolaborasi peserta didik)

- H0: Rata-rata nilai postes keterampilan berkolaborasi peserta didik lebih tinggi dari rata-rata nilai pretes keterampilan berkolaborasi peserta didik
- H1: Rata-rata nilai postes keterampilan berkolaborasi peserta didik lebih rendah dari rata-rata nilai pretes keterampilan berkolaborasi peserta didik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya dalam penelitian pengembangan ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Program pembelajaran Fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM dinyatakan sangat valid dengan bobot persentase 94% Program pembelajaran ini memuat modul ajar sebagai panduan guru dalam menerapkan pembelajaran fotosintesis dengan model pembelajaran ADI terintegrasi STEM Selain itu terdapat perangkat pembelajaran seperti LKPD dan *Handout* dinyatakan sangat valid. Hal ini mencerminkan bahwa konten yang disusun telah sesuai dengan tuntutan kurikulum, kebutuhan peserta didik, serta kaidah pedagogis dan estetika penyajian bahan ajar.
2. Kepraktisan program pembelajaran Fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM dinyatakan praktis dengan bobot persentase 93% dengan kategori sangat valid, sehingga dapat di implementasikan dalam pembelajaran Biologi SMA pada fase F, kelas XII semester genap pada materi fotosintesis.
3. Efektivitas program pembelajaran pada penelitian ini dikategorikan tinggi berdasarkan pada hasil N-Gain, dan uji dampak ANOVA sehingga program pembelajaran Fotosintesis berbasis ADI terintegrasi STEM efektif melatih keterampilan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi guru : sebaiknya guru dapat menginovasi aspek STEM secara mendalam dalam LKPD program pembelajaran ini memiliki kelemahan dalam integrasi STEM pada aspek teknologi sehingga guru perlu melakukan pengawasan dan bimbingan kepada peserta didik agar mendapatkan data dengan bukti pendukung yang kuat.
2. Bagi peneliti: Peneliti dapat mencoba efektifitas model pembelajaran dan materi pembelajaran yang lain dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik. Sehingga dapat dilakukan perbandingan antar model, dan dapat dilihat model mana yang paling optimal dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan berkolaborasi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. (2022). Pengembangan E-LKPD Interaktif Liveworksheets Berbasis Contextual Teaching and Learning (CTL) Pada Materi Minyak Bumi. In *Repository.Uinjkt.Ac.Id*.
[https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/61778%0Ahttps://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/61778/1/11170162000017_Muhammad Arifin %28WATERMARK%29.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/61778%0Ahttps://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/61778/1/11170162000017_Muhammad%20Arifin%20WATERMARK%29.pdf)
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Bumi Aksara.
- Arisoy, B., & Aybek, B. (2021). The effect of subject-based critical thinking education in mathematic on student's critical thinking skills and virtues. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2021 (92).
<http://doi.org/10.14689/ejer.2021.92.6>
- Azah, N., Khalid, S., Aziz, A. A., Azah, N., Khalid, S., & Aziz, A. A. (2022). *Interactive Liveworksheets : Enhancing Vocabulary for Upper Primary ESL Learners Interactive Liveworksheets : Enhancing Vocabulary for Upper Primary ESL Learners*. 1(6), 1361–1374.
<https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v12-i6/13158>
- Bybee, Rodger W. (2013). *The Case for STEM education challenges an opportunities*. NSTA Press. Arlington.
- Changwong, K., Sukkamart, A., & Sisan, B. (2018). Critical thinking skill development: Analysis of a new learning management model for Thai High Schools. *Journal of International Studies*, 11(2), 37–48.
<https://doi.org/10.14254/2071-8330.2018/11-2/3>
- Chukhuwuyenum, Asuai Nelson. (2023) Impact of Chritical Thinking of perfomance in among secondary school student in Lagos State. *IOSR journal of Research & Method in education (IOSR-JRME) e-ISSN : 2320-737x. Volume 3 Issue 5 (Nov-Dec 2023) PP 18-25*.
- Duron, Robert and Wendy Waught. (2006) Chritical thinking framework for any discipline. *International Journal of Teaching in Higher education* 2006, volume 17, No 2, 160-166. [http://www.isetl.org/ijthe/ISSN 1812-9129](http://www.isetl.org/ijthe/ISSN%201812-9129)
- Efgivia, M. G., Y, A. R. R., Hidayat, S. A., & Budiarjo, A. (2021). *Analysis of Constructivism Learning Theory*. 585, 208–212.
- Ennis, R. H. (2012). *Critical thinking across the curriculum: A vision*. *Topoi*, 37(1), 165-184.

- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking*. University of Illinois.
<https://doi.org/10.22329/il.v6i2.2729>
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts* (Issue December).
- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., & Susilaningsih, E. (2021). Argument-Driven Inquiry Model : A Systematic Review To cite this article : Argument-Driven Inquiry Learning Model : A Systematic Review. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 7(3), 767–784.
- Fauzi, A., Rahmatih, A. N., Indraswati, D., & Sobri, M. (2021). *Di Sekolah Dasar*. 2(3), 232–240.
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar pesertadidik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26–40.
<https://doi.org/10.21831/jipi.v4i1.5574>
- Fres. (2022). No Ti, 8.5.2017, 2003 2005. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Hardiansyah, H., Asmawi, U. S., & Darmansyah, A. (2023). *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik Pengembangan LKPD Interaktif dalam Pembelajaran Berdiferensiasi*. 7.
- Hasnunidah, N. (2019). Pembelajaran Biologi Dengan Strategi Argument-Driven Inquiry Dan Keterampilan Argumentasi Peserta Didik. *Universitas Lampung*, 1, 1–29.
- Hasnunidah, N., Susilo, H., Henie, M. I., & Sutomo, H. (2015). Argument-driven inquiry with scaffolding as the development strategies of argumentation and critical thinking skills of students in Lampung, Indonesia. *American Journal of Educational Research*, 3(9), 1195–1192.
<https://doi.org/10.12691/education-3-9-20>
- Hazlita, S. (2021). *Implementasi Pembelajaran dalam Jaringan dengan Menggunakan Instagram dan Liveworksheets pada Masa Pandemi*. 2(7), 1142–1150.
- Insanul Hikmah, S., Tukiran, T., & Nasrudin, H. (2023). Validity of Student Worksheets Based on Model Argument Driven Inquiry Integrated by STEM to Train Students' Argumentation Ability and Self-Efficacy in Chemical Equilibrium Material. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 416–433.
<https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i4.300>

- JK, A. K. R., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Inkuiri pada Submateri Fotosintesis untuk Meningkatkan Kemampuan Argumentasi Peserta Didik. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 663–673. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p663-673>
- Kasmini, L., Mardhatillah, Munandar, H., & Mukhroji. (2023). Pengembangan E-LKPD Pada Pembelajaran IPA di Kelas V SD Negeri Siem. *Visipena*, 13(2), 114–129.
- Mulyani, T. (2019). *Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi*. Pustaka Press. Surakarta.
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Ningtyas, L. R., & Rahayu, Y. S. (2022). Pengembangan e-LKPD Interaktif Pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XII. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(3), 527–536. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n3.p527-536>
- Nurhidayati, E., Masykuri, M., Isma, D., & Fakhrudin, A. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry (ADI) Dengan PendekatanStem Terhadap Keterampilan Argumentasi Pada Materi Cahaya Dan AlatOptik. *Jurnal Pendidikan IPA*, 12(3), 171–182. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v12i3.79317>
- Nurhidayati, S. (2019). Pengintegrasian Potensi Lokal Pada Mata Kuliah Pendidikan Karakter Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dan Rasa Hormat Mahasiswa Terhadap Lingkungan. *JUPE : Jurnal Pendidikan Mandala*, 4(4),0–5. <https://doi.org/10.36312/jupe.v4i4.995>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentin school science ENHANCING THE QUALITY OF ARGUMENTATIONIN SCHOOL SCIENCE Jonathan Osborne , Sibel Erduran & Shirley SimonKing ’ s College London Institute of Education , London. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10)(November 2018), 994–1020.
- Pambayun, P. P., & Shofiyah, N. (2023). Sikap Siswa terhadap STEM : Hubungannya dengan Hasil Belajar Kognitif dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Paedagogy*, 10(2), 513. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i2.6313>

- Prastika, Y., & Masniladevi. (2021). Pengembangan E-LKPD Interaktif Segi Banyak Beraturan Dan Tidak Beraturan Berbasis Liveworksheets Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas IV Sekolah Dasar. *Journal of Basic Education Studies* , 4(1), 2601–2614.
- Pratiwi, D. E., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD Berorientasi Learning Cycle 7E pada Sub-Materi Perkecambahan Biji untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 541–553.
<https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p541-553>
- Project, A. (2010). Peer Assesment Collaboration rubric. Intel corporation
- Purnomo, S., Rahayu, Y. S., & Agustini, R. (2023). Effectiveness of ADI-STEM to Improve Student's Science Literacy Skill. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, 4(5), 632–647.
<https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i5.382>
- Rizkia, R. F., & Aripin, I. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Argument-Driven Inquiry (ADI) Pada Pembelajaran Biologi Di SMA. *Transformasi Pendidikan Di Era Super Smart Society 5.0*, 225–231.
- Rosidin, U., Herlina, K., Hasnunidah, N., & Farida, L. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry (ADI) Terhadap Keterampilan Argumentasi Siswa SMP Berdasarkan Perbedaan Jenis Kelamin. *Journal of Physics and Science Learning*, 02, 25–36.
- Sampson, V., & Gleim, L. (2009). Argument-driven inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology. *American Biology Teacher*, 71(8), 465–472. <https://doi.org/10.1662/005.071.0805>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Stit, S., Nusantara, P., & Ntb, L. (n.d.). *Teori konstruktivisme dalam pembelajaran. 1*, 79–88.
- Suryana, E., Aprina, M. P., & Harto, K. (2022). *Teori Konstruktivistik dan Implikasinya dalam Pembelajaran. 5*, 2070–2080.
- Suryanda, A., & Maulana, A. (2016). Pengembangan Modul Multimedia Mobile Learning Dengan Android Studio 4.1 Materi Keanekaragaman Hayati Bagi Siswa Sma Kelas X. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi (Biosferjpb)*, 9(1), 56–64.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256–1268.
<https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>

- Syafitri, R. A. (2020). *The Importance of the Student Worksheets of Electronic (E-LKPD) Contextual Teaching and Learning (CTL) in Learning to Write Description Text during Pandemic COVID-19*. 485(Iclle), 284–287.
- Tamrin, M., S. Sirate, S. F., & Yusuf, M. (2011). Teori Belajar Vygotsky dalam Pembelajaran Matematika. *Sigma (Suara Intelektual Gaya Matematika)*, 3(1), 40–47.
- aryati. (2021). Pentingnya LKPD pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika Pentingnya LKPD pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika Umbaryati. *Prisma*, 218–221.
- Walker, Joi P., Duzor, A., and Lower, M. (2019) Facilitating Argumentation in the Laboratory: The Challenges of Claim Change and Justification by Theory. *Chemical education*, 435-444. <http://doi.org/10.1016/j.ces.2019.04.001>
- Wardani, A. D., Yuliati, L., & Taufiq, A. (2018). Kualitas argumentasi ilmiah siswa pada materi hukum Newton. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(10), 1364–1372. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/article/view/11734>
- Widiyatmoko, A., & Darmawan, M. S. (2023). *Implementasi Stem Pada Pembelajaran Ipa Di Indonesia : Review Artikel Tahun 2018-2023*. 391–400.
- Zubaidah, S. (2020). *Keterampilan Abad Ke-21: Keterampilan yang Diajarkan Melalui Pembelajaran. Online*. 2, 1–17.