

**ANALISIS KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA
MELALUI STEM PJBL PADA MATERI PERTUMBUHAN DAN
PERKEMBANGAN**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan



oleh

Sholaita Sabila Rosa

NIM. 1807041

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2022**

**ANALISIS KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA
MELALUI STEM PJBL PADA MATERI PERTUMBUHAN DAN
PERKEMBANGAN**

oleh

Sholaita Sabila Rosa

Sebuah Skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Sholaita Sabila Rosa

Universitas Pendidikan Indonesia

2022

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari peneliti.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SHOLAITA SABILA ROSA
ANALISIS KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA
MELALUI STEM PJBL PADA MATERI PERTUMBUHAN DAN
PERKEMBANGAN

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Prof. Dr. H. Suroso Adi Yudianto, M.Pd.
NIP. 195305221980021001

Pembimbing II



Dr. Eni Nuraeni, M. Pd.
NIP. 197606052001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Amprasto, M.Si.
NIP. 196607161991011001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi/tesis/disertasi dengan judul *"Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA melalui STEM PjBL pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan"* ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 22 Agustus 2022

Peneliti,



Sholaita Sabila Rosa
NIM. 1807041

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa. Atas berkat, rahmat dan karunia-Nya peneliti dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “*Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA melalui STEM PjBL pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan*” ini dengan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah limpah kepada Rosulullah SAW, kepada keluarganya, sahabatnya dan semoga sampai kepada kita selaku umatnya hingga hari akhir nanti, Aamiin. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun secara tidak langsung dalam penelitian yang dilakukan.

Peneliti juga mendapatkan banyak bimbingan, petunjuk, bantuan, serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material, maka dari itu pada kesempatan ini peneliti menyampaikan rasa terima kasih yang dikhususkan kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Yth. Dr. Bambang Supriatno, M.Si. selaku ketua Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memfasilitasi perkuliahan dan memberi kesempatan kepada peneliti sebagai mahasiswa sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Yth. Dr. Amprasto, M. Si. selaku ketua Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah memfasilitasi segala hal terkait kebutuhan akademik selama peneliti melaksanakan perkuliahan hingga sampai di tahap akhir penyusunan skripsi ini.
3. Yth. Dr. Rini Solihat, M. Si. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi, arahan, dan bantuan dari awal perkuliahan sampai peneliti bisa berada di tahap penyelesaian masa perkuliahan ini. Terima kasih banyak Ibu, sudah selalu peduli dan selalu maksimal dalam membantu.
4. Yth. Prof. Dr. H. Suroso Adi Yudianto, M.Pd. selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk senantiasa membimbing, mengarahkan, mendukung, serta memberi motivasi yang sangat membantu penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

5. Yth. Dr. Eni Nuraeni, M. Pd. selaku pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan bimbingan serta bantuan selama peneliti melakukan penelitian, mulai dari penentuan topik penelitian, pelaksanaan, hingga tahap akhir penyusunan skripsi ini. Terima kasih banyak atas semua bantuan moral dan materilnya Ibu.
6. Yth. Tri Suwandi, S.Pd., M.Sc dan Dr. Kusnadi, M. Si. selaku ahli materi dan ahli evaluasi yang telah membantu dalam uji validitas isi instrumen penelitian yang digunakan.
7. Segenap dosen dan staf Departemen Pendidikan Biologi yang telah memberikan bantuan, ilmu dan bimbingan bagi peneliti dalam menyelesaikan masa perkuliahan di Universitas Pendidikan Indonesia.
8. Seluruh responden serta teman-teman yang telah membantu pengambilan data sehingga penelitian ini dapat terlaksana, khususnya kepada partisipan penelitian yaitu XII MIPA 8 SMA Negeri 2 Garut
9. Yth. Yeni Istanti S.Pd dan Drs. Asep Karna Irawan, M.Pd., selaku guru Biologi dan Kepala Sekolah SMA Negeri 2 Garut yang telah mengizinkan peneliti melakukan penelitian di sekolah tersebut dan membantu selama tahap pelaksanaan penelitian sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian dan mendapatkan data yang cukup untuk penyusunan skripsi ini.
10. Kedua orang tua tercinta, Muhamad Nurdin dan Eni Rosa Setiani yang tak henti-hentinya memberikan berbagai dukungan dalam bentuk materil, perhatian, kasih sayang, semangat, dan doa tulus di setiap helaan napas demi kelancaran dan kesuksesan peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini. Kemudian kepada adik-adik yang senantiasa siap siaga membantu dalam setiap proses penyusunan skripsi ini, Syalwa Rosa Wandini dan Syahlan Nurulloh.
11. Sahabat-sahabat Polong yang telah menemani dan selalu menguatkan selama ini, Alexandra Yovina, Meutia Rahayu, Mutia Fakhriani Husain, dan Raudlah Melinda Sidik, terima kasih banyak, semoga segala bantuan dan dukungan yang kalian berikan selama ini kepada peneliti dibalas dengan pahala berlipat oleh Allah SWT, Aamiin.

12. Seluruh sahabat Biofera (Pendidikan Biologi Kelas B 2018) yang sudah setia menemani perkuliahan dan berjuang bersama-sama serta selalu mendukung selama penyelesaian skripsi ini, terima kasih telah kebersamai dan menjadi bagian dari terselesaikannya masa perkuliahan peneliti di Pendidikan Biologi ini. Khusus kepada Anna Nurzahra yang sudah sangat membantu dalam penyelesaian skripsi, terima kasih sudah memberi semangat dan motivasi sampai pada akhirnya peneliti dapat sidang tepat waktu.
13. Sahabat dan teman-teman sejak SMP dan SMA yang tanpa lelah menghibur serta memberi motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu yang telah membantu semua hal yang berkaitan dengan penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberi kemudahan dan kelancaran dalam setiap urusan, dan semoga bantuan yang telah diberikan dibalas oleh pahala yang berlipat ganda , Aamiin ya robbal'alamin.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan didalamnya, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan demi penyusunan yang lebih baik kedepannya. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi peneliti pribadi maupun bagi para pembaca.

Bandung, Agustus 2022

Peneliti,

Sholaita Sabila Rosa

ABSTRAK

Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA melalui STEM PjBL pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan

**Sholaita Sabila Rosa
1804041**

Di era teknologi dan informasi seperti sekarang ini keterampilan berpikir kritis adalah salah satu *learning skill* yang sangat dibutuhkan para siswa. Akan tetapi keterampilan berpikir kritis siswa khususnya di Indonesia masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterampilan berpikir kritis siswa melalui STEM PjBL pada materi pertumbuhan dan perkembangan. Penelitian dilakukan sebagai upaya untuk mendiagnosis tingkat berpikir siswa agar dapat terus dilatih dan ditingkatkan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif, dimana partisipannya terdiri dari 34 orang siswa SMA kelas XII yang dibagi menjadi 6 kelompok. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini berupa lembar observasi, lembar kerja peserta didik, soal tes keterampilan berpikir kritis yang disusun berdasarkan sub indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1985), dan angket respons siswa. Pembelajaran yang dilaksanakan memuat berbagai aktivitas dalam merancang solusi berupa produk nyata sistem akuaponik untuk mengatasi permasalahan yang berhubungan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman di lahan sempit.

Selama pembelajaran siswa dihadapkan dengan berbagai pertanyaan dan soal latihan yang melatih mereka dalam berpikir kritis. Pembelajaran dilakukan selama 5 pertemuan, mulai dari penyampaian materi dan kegiatan pendahuluan hingga mengomunikasikan produk dan refleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hampir seluruh kegiatan pada pembelajaran terlaksana dengan sangat baik walaupun pada beberapa kegiatan latihan keterampilan berpikir kritis belum mencapai hasil maksimal. Kemudian rata-rata skor keterampilan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran adalah 3,14 yaitu berada pada tingkat *advanced thinker* atau pemikir tingkat lanjut, dengan distribusi siswa yang dikategorikan sebagai *master thinker*: 29%; *advanced thinker*: 32%; *practicing thinker*: 29%; *beginning thinker*: 6%; dan *unreflective thinker*: 3%. Ciri kunci dari pemikir tingkat lanjut adalah memiliki wawasan intelektual, integritas intelektual, empati intelektual dan keberanian intelektual. Hal ini sudah sesuai dengan kegiatan pembelajaran yang memfasilitasi siswa untuk memiliki ciri-ciri tersebut, sehingga hampir seluruh siswa memberikan respons positif terhadap pembelajaran STEM PjBL yang sudah dilakukan.

Kata Kunci: Keterampilan Berpikir Kritis, *STEM Project Based Learning*, Pertumbuhan dan Perkembangan.

ABSTRACT

Analysis of Senior High School Student's Critical Thinking Skill Through STEM PjBL on Growth and Development Concept

Sholaita Sabila Rosa
1804041

In this era of technology and information, critical thinking skills are one of the learning skills that are needed by students. However, students' critical thinking skills, especially in Indonesia, are still low. This study aims to analyze students' critical thinking skills through STEM PjBL on growth and development concept. The research was conducted as an effort to diagnose students' thinking level so it can be improved. This research used descriptive research method, the participants consisted of 34 high school students of class XII which were divided into 6 groups. The instruments used in this study were observation sheets, student worksheets, critical thinking skills test questions that had been compiled based on sub-indicators of critical thinking skills according to Ennis (1985), and student responses. The learning that can be carried out includes various activities in designing solutions in the form of real products of aquaponics systems to overcome problems related to plant growth and development in narrow areas.

During the study students were given various questions and exercises that trained them in critical thinking. Learning is carried out for 5 meetings, starting from the delivery of material and preliminary activities to communicating products and reflections. The results showed that almost all activities in learning were carried out very well, although in some of the training activities critical thinking skills had not achieved maximum results. Then the average score of students' critical thinking skills after participating in learning is 3.14, which was at the level of advanced thinker, with the distribution of students grouped as master thinker: 29%; advanced thinker: 32%; practicing thinker: 29%; beginning thinker: 6%; and unreflective thinker: 3%. The characteristics of advanced thinker are intellectual insight, intellectual integrity, intellectual empathy and intellectual courage. This is in accordance with learning activities that facilitate students to have these characteristics, so that almost all students give a positive response to the STEM PjBL that has been carried out.

Keywords: *Critical Thinking Skills, STEM, Project Based Learning, Growth and Development Concept.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Definisi Operasional	6
1.6. Manfaat Penelitian	7
1.6.1. Bagi siswa.....	7
1.6.2. Bagi guru	8
1.6.3. Bagi peneliti lain.....	8
1.7. Struktur Organisasi Skripsi.....	8
BAB II STEM PJBL UNTUK MENGANALISIS KETERAMPILAN	
BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI PERTUMBUHAN	
DAN PERKEMBANGAN	9
2.1. STEM <i>Project Based Learning</i>	9
2.1.1. Definisi STEM PjBL	9
2.1.2. Sintaks Pembelajaran STEM PjBL.....	10
2.1.3. Contoh Pembelajaran STEM PjBL.....	16
2.2. Keterampilan Berpikir Kritis	18
2.2.1. Definisi Keterampilan Berpikir Kritis	19
2.2.2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	21
2.2.3. Tingkatan Keterampilan Berpikir Kritis	26
2.2.4. Asesmen Keterampilan Berpikir Kritis	31

2.3.	Materi Pertumbuhan dan Perkembangan di Kelas XII	32
2.3.1.	Definisi Pertumbuhan dan Perkembangan.....	33
2.3.2.	Faktor-faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan.....	36
2.3.3.	Sistem Akuaponik sebagai Optimalisasi Pertumbuhan dan Perkembangan di Lahan Terbatas.....	41
BAB III METODE PENELITIAN		46
3.1.	Metode Penelitian	46
3.2.	Partisipan.....	46
3.3.	Populasi dan Sampel.....	46
3.4.	Instrumen Penelitian	47
3.4.1.	Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	47
3.4.2.	Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	48
3.4.3.	Angket Respons Siswa terhadap Pelaksanaan STEM PjBL.....	52
3.5.	Prosedur Penelitian	52
3.5.1.	Tahap Perencanaan	52
3.5.2.	Tahap Pelaksanaan.....	53
3.5.3.	Tahap Pelaporan	54
3.6.	Alur Penelitian	54
3.7.	Integrasi STEM PjBL pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan dengan Proyek Akuaponik.....	55
3.8.	Analisis Data.....	58
3.8.1.	Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran	59
3.8.2.	Analisis Data Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	60
3.8.3.	Analisis Data Respons Siswa terhadap Pembelajaran	61
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		63
4.1.	Keterlaksanaan STEM PjBL.....	63
4.1.1.	<i>Reflection</i>	69
4.1.2.	<i>Research</i>	75
4.1.3.	<i>Discovery</i>	80
4.1.4.	<i>Application</i>	83
4.1.5.	<i>Comunication</i>	91

4.2. Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.....	95
4.3. Respons Siswa terhadap Pelaksanaan STEM PjBL.....	102
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	106
5.1. Simpulan	106
5.2. Implikasi	107
5.3. Rekomendasi.....	107
5.3.1. Bagi Guru.....	107
5.3.2. Bagi Peneliti Lain	107
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN	114

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Kompetensi Dasar Pembelajaran Biologi pada Penelitian.....	6
Tabel 2. 1. Perbandingan Pertumbuhan dan Perkembangan dari Berbagai Aspek	36
Tabel 2. 2. Pedoman Manajemen Keseimbangan Sistem Akuaponik	44
Tabel 3. 1. Instrumen Penelitian	47
Tabel 3. 2. Kisi-kisi Instrumen Lembar Observasi Keterlaksanaan STEM PjBL	48
Tabel 3. 3. Kisi-kisi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis berdasarkan Ennis (1985)	49
Tabel 3. 4. Hasil Uji Validitas Isi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	50
Tabel 3. 5. Rekapitulasi Hasil Uji Coba Instrumen kepada Siswa.....	51
Tabel 3. 6. Distribusi Hasil Analisis Butir Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	51
Tabel 3. 7. Kisi-Kisi Instrumen Angket Respons Siswa.....	52
Tabel 3. 8. Tahapan Kegiatan yang Dilakukan selama Pelaksanaan Penelitian ...	53
Tabel 3. 9. Jadwal Proyek Akuaponik pada Penelitian.....	56
Tabel 3. 10. Integrasi STEM pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan dengan Proyek Akuaponik	57
Tabel 3. 11. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran.....	59
Tabel 3. 12. Kualitas Keterlaksanaan Pembelajaran	59
Tabel 3. 13. Kategorisasi Tingkatan Berpikir Kritis berdasarkan Paul & Elder (1997)	60
Tabel 3. 14. Kategorisasi N-Gain berdasarkan Hake (1999)	61
Tabel 3. 15. Penskoran Instrumen Angket Respons Siswa terhadap Pembelajaran	61
Tabel 3. 16. Kriteria Respons Siswa terhadap Pembelajaran.....	62
Tabel 3. 17. Kategori Respons Siswa	62
Tabel 4. 1. Data Hasil Penilaian Keterlaksanaan Pembelajaran oleh Observer....	64
Tabel 4. 2. Data Hasil Observasi dan Penilaian LKPD pada Kegiatan Latihan Keterampilan Berpikir Kritis oleh Peneliti.....	66
Tabel 4. 3. Hasil Analisis Keterlaksanaan Kegiatan Latihan Berpikir Kritis selama Pembelajaran	68
Tabel 4. 4. Hasil Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	96

Tabel 4. 5. Tingkat Berpikir Kritis Siswa	97
Tabel 4. 6. Distribusi Frekuensi Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.....	99
Tabel 4. 7. Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Setelah Pembelajaran pada Setiap Sub Indikator	101
Tabel 4. 8. Respons Siswa Terhadap Pembelajaran STEM PjBL.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Hasil Asesmen Nasional Indonesia Tahun 2021	1
Gambar 2. 1. Keterampilan Berpikir 4C di Abad 21	18
Gambar 2. 2. Tingkatan Pemikir dalam Berpikir Kritis.....	27
Gambar 2. 3. Langkah-langkah Proses Desain <i>Engineering</i> dalam STEM PjBL.	12
Gambar 2. 4. Contoh Jadwal Proyek Akuaponik.....	16
Gambar 2. 5. Pengaruh pH terhadap Ketersediaan Nutrisi untuk Tanaman	40
Gambar 2. 6. Cara Kerja Sistem Akuaponik.....	42
Gambar 2. 7. Perbedaan Tiga Model Utama pada Sistem Akuaponik.....	43
Gambar 3. 1. Alur Penelitian Tahap Perencanaan	54
Gambar 3. 2. Alur Penelitian Tahap Pelaksanaan.....	55
Gambar 3. 3. Alur Penelitian Tahap Pelaporan.....	55
Gambar 4. 1. Keterlaksanaan Kegiatan Latihan Keterampilan Berpikir Kritis Berdasarkan Penilaian LKPD	67
Gambar 4. 2. Persentase Keterlaksanaan Kegiatan Latihan Keterampilan Berpikir Kritis Selama Pembelajaran STEM PjBL.....	68
Gambar 4. 3. Stimulus untuk Mengidentifikasi Masalah pada Tahap <i>Reflection</i> .	69
Gambar 4. 4. Jawaban Kelompok Siswa pada Soal Latihan Sub Indikator <i>Berfokus pada sebuah pertanyaan</i>	71
Gambar 4. 5. Jawaban Kelompok Siswa Pada Soal Latihan Sub Indikator <i>Menentukan Suatu Tindakan</i>	72
Gambar 4. 6. Berita tentang Akuaponik sebagai Stimulus menuju Tahap <i>Research</i>	73
Gambar 4. 7. Jawaban Kelompok Siswa Pada Soal Latihan Sub Indikator <i>Mendefinisikan Istilah berdasarkan Dimensi Konten</i>	74
Gambar 4. 8. Jawaban Kelompok Siswa pada Soal Latihan Sub Indikator <i>Mengobservasi dan Menilai Hasil Observasi</i>	76
Gambar 4. 9. Jawaban Kelompok 3 yang Belum Mempertanyakan Variabel Penelitian	78
Gambar 4. 10. Jawaban Kelompok 6 yang Sudah Mempertanyakan 1 Variabel Penelitian	78

Gambar 4. 11. Jawaban Kelompok 4 yang Sudah Mempertanyakan 2 Variabel Penelitian	78
Gambar 4. 12. Sketsa Awal Rancangan Sistem Akuaponik	80
Gambar 4. 13. Jawaban Kelompok Siswa pada Soal Latihan Sub Indikator Mendefinisikan Istilah Berdasarkan Dimensi Bentuk Contoh dan Bukan Contoh	82
Gambar 4. 14. Hasil Kerja Siswa dalam Menuliskan Alat dan Bahan serta Langkah Kerja Pembuatan Sistem Akuaponik.....	84
Gambar 4. 15. Tantangan dan Perbaikan Selama Proses Merakit Sistem Akuaponik	84
Gambar 4. 16. Proses Pembuatan Produk Sistem Akuaponik (<i>Build</i>) di Kelas....	85
Gambar 4. 17. Proses Uji Coba Pertama (<i>Test</i>) pada Jam Pelajaran di Kelas	86
Gambar 4. 18. Siswa yang Antusias untuk Membuat Sistem Akuaponik di Rumahnya.....	87
Gambar 4. 19. Sistem Akuaponik yang Berhasil dibuat oleh Siswa.....	87
Gambar 4. 20. Laporan Pengamatan Uji Coba dan Perbaikan Sistem Akuaponik Siswa Hari Pertama dan Kedua di Grup <i>Whatasapp</i>	88
Gambar 4. 21. Perhitungan Jumlah Ikan yang Harus Dimasukan ke Sistem Akuaponik Setiap Kelompok	89
Gambar 4. 22. Laporan Pengamatan Uji Coba dan Perbaikan Sistem Akuaponik Siswa Hari Ketiga di Grup <i>Whatasapp</i>	90
Gambar 4. 23. Laporan Pengamatan Uji Coba dan Perbaikan Sistem Akuaponik Siswa Hari Keempat dan Kelima di Grup <i>Whatasapp</i>	90
Gambar 4. 24. Data Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman pada Sistem Akuaponik	91
Gambar 4. 25. Catatan Pengamatan mengenai Keadaan Sistem Akuaponik Selama Proses Uji Coba dan Perbaikan (<i>test and refine</i>) yang Dipresentasikan	92
Gambar 4. 26. Kesimpulan Kelompok 5 tentang Produk Sistem Akuaponik Mereka.....	92
Gambar 4. 27. Kesimpulan Kelompok 2 tentang Produk Sistem Akuaponik Mereka.....	93

Gambar 4. 28. Kesimpulan Kelompok 1 tentang Produk Sistem Akuaponik Mereka.....	93
Gambar 4. 29. Sketsa Akhir Rancangan Sistem Akuaponik.....	94
Gambar 4. 30. Realisasi Produk Sistem Akuaponik	94
Gambar 4. 31. Kegiatan Persentasi Kelompok mengenai Produk Sistem Akuaponik	95
Gambar 4. 32. Perkembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	96
Gambar 4. 33. Distribusi Frekuensi Tingkat Berpikir Kritis Siswa.....	99
Gambar 4. 34. Skor Rata-rata Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Setiap Sub Indikator	101
Gambar 4. 35. Respons Siswa tentang Motivasi Belajar Biologi Setelah Mengikuti STEM PjBL.....	103
Gambar 4. 36. Respons Siswa terkait Pemahaman Mereka terhadap Materi Pembelajaran	104
Gambar 4. 37. Respons Siswa tentang Keterampilan Berpikir Kritis selama Pembelajaran	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	114
Lampiran 2. Instrumen Lembar Observasi Keterlaksanaan STEM PjBL.....	129
Lampiran 3. Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis	133
Lampiran 4. Hasil Uji Validitas Isi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis oleh Ahli	138
Lampiran 5. Hasil Analisis Butir Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	140
Lampiran 6. Naskah Soal dan Lembar Jawaban Tes Keterampilan Berpikir Kritis	141
Lampiran 7. Instrumen Tambahan Soal Latihan Keterampilan Berpikir Kritis pada LKPD	149
Lampiran 8. LKPD dan Kunci Jawaban	153
Lampiran 9. Instrumen Angket Respons Siswa	172
Lampiran 10. Lembar Angket Respons Siswa	173
Lampiran 11. Tabulasi dan Hasil Analisis Data Tambahan Keterlaksanaan Kegiatan Latihan Keterampilan Berpikir Kritis	176
Lampiran 12. Tabulasi dan Hasil Analisis Data Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.....	177
Lampiran 13. Tabulasi dan Hasil Analisis Data Angket Respons Siswa.....	181
Lampiran 14. Surat-surat.....	185
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian	190
Lampiran 16. Biodata Peneliti	195

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2018). *Berbagai Metodologi dalam Penelitian Pendidikan dan Manajemen*. Watampone: Gunadarma Ilmu.
- Agustiana, J., & Miterianifa. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Koloid. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 91-98.
- Astuti, W. (2019). *Pengembangan Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis Pada Konsep Fungi*. (Skripsi) Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Aviliani. (2022, 16 Maret). *Pendidikan Bidang STEM Janjikan Karir Cemerlang*. [Online]. Diakses dari Pacmann: <https://pacmann.io/blog/karir-di-stem>.
- Beyer, B. (1995). *Critical Thinking*. Bloomington: Phi Delta Kappa Educational Foundation.
- Bhandari, S. (2022, 30 Januari). *Difference Between Growth and Development in Biology*. Retrieved from Ask Any Difference: <https://askanydifference.com/difference-between-growth-and-development-in-biology-with-table/>
- Brukhin, V., & Morozova, N. (2011). Plant Growth and Development - Basic Knowledge and Current Views. *Math. Model. Nat. Phenom.* Vol. 6, No. 2, 1-53.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2012). *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Capraro, R. M., Slough, S. W., Margaret, M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. AW Rotterdam, The Netherlands: Sense Publisher.
- Damara, D. (2021, 27 September). *Masyarakat Diharapkan Bisa Kreatif untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan Secara Mandiri*. [Online]. Diakses dari borneonews.co.id: <https://www.borneonews.co.id/berita/237104-masyarakat-diharapkan-bisa-kreatif-untuk-memenuhi-kebutuhan-pangan-secara-mandiri>
- Desima. (2016, 28 April). *Different Types of Aquaponic Systems*. [Online]. Diakses dari Desima.co: <https://desima.co/blog/different-types-of-aquaponic-systems/>
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM dan Tidak Berbasis STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu Volume 4 Nomor 2*, 344-354.

- Elva, Y. (2021). Pengaruh Project Based Learning - STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) terhadap Pembelajaran Sains pada Abad 21. *Ed-Humanistics Volume 06 Nomor 01*, 793-798.
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.
- Ennis, R. H. (1993). Critical Thinking Assessment. *Theory Into Practice*, 32:3, 179-186.
- Erawati, B. T. (2021, 1 Maret). *Mengenal Budidaya Sayuran dengan Sistem Akuaponik*. [Online] Diakses dari Balitbangtan BTPN NTB: <https://ntb.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-teknologi/1960-mengenal-budidaya-sayuran-dengan-sistem-aquaponik>
- Fosket, D. E. (1994). *Plant Growth and Development: A Molekular Approach*. San Diego, California: Academic Press.
- Francisco, C. (2017, 3 Oktober). *Differences Between Growth and Development in Biology*. [Online]. Diakses dari Between Similar Terms and Objects: <http://www.differencebetween.net/science/biology-science/differences-between-growth-and-development-in-biology/>
- Gale, J. (2020). Exploring Critical Components of An Integrated STEM Curriculum: An Application of The Innovation Implementations Framework. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-17.
- Goodman, B., & Stivers, J. (2010). Project Based Learning. *Educational Psychology*, EPSY 505.
- Goriely, A. (2017). *The Mathematics and Mechanics of Biological Growth*. New York: Interdisciplinary Applied Mathematics Volume 45.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/ Gain Scores*. AREA-D American education research association's devision. D.: Measurement and Reasearch Methodology.
- Hamdani, H. (2020, 12 Desember). *Akuaponik, Pilihan Budidaya Rumahan di Kala Pandemi*. [Online]. Diakses dari Universitas Padjadjaran: <https://www.unpad.ac.id/2020/12/akuaponik-pilihan-budidaya-rumahan-di-kala-pandemi/>
- Hasnunidiah, N., & Suwandi, T. (2016). *Fisiologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Innosain.
- Hendryadi. (2017). Validitas Isi: Tahap Awal Pengembangan Kuesioner. *Jurnal Riset Manajemen dan Bisnis (JRMB) Fakultas Ekonomi UNIAT, Vol.2, No.2*, 169 - 178.
- Hoque, E. (2020, 6 September). *Difference Between Growth and Development?* [Online]. Diakses dari Educerecentre: Foundation of Child Development: <https://educerecentre.com/difference-between-growth-and-development/>

- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim. (2017). Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Pembelajaran Sains. *Pros. Seminar Pend. IPA Pascasarjana UM*, 432-436.
- Junaidi. (2014). Statistik Deskriptif dengan Microsoft Office Excel. In F. E. Bisnis, *Seri Tutorial Analisis Kuantitatif* (pp. 1-8). Jambi: Universitas Jambi.
- Kemendikbud. (2018). *Permendikbud Nomor 37 tahun 2018 tentang Perubahan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran pada Kurikulum 2013 pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Dirjen Peraturan Perundang-undangan Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia.
- Koentjaraningrat. (1997). *Metode-Metode Penelitian Masyarakat*. Jakarta: Gramedia Pustaka Jaya.
- Krisna, F. N., Sisdiana, E., & Rakhmah, D. N. (2019). *Kesiapan Guru Mengadaptasi Pembelajaran STEM pada Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan dan Kebudayaan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. com*, 12, 12-13.
- Makariem, N. A. (2022, 1 April). *Merdeka Belajar Episode 19: Rapor Pendidikan Indonesia*. [Forum Daring]. Diakses dari KEMENDIKBUD RI - YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=NbD96YWKh84>
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019, 8 Agustus). Implementasi STEM dalam Pembelajaran Abad 21. *Seminar Nasional Pendidikan, FKIP UNMA 2019 "Literasi Pendidikan Karakter Berwawasan Kearifan Lokal pada Era Revolusi Industri 4.0"*, pp. 1495-1503.
- Murnawianto, S., Sarwanto, & Rahardjo, S. B. (2017). Stem-Based Science Learning In Junior High School: Potency For Training Students' Thinking Skill. *Pancaran Pendidikan FKIP Universitas Jember*, 69-80.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. (2018). Analysis of Student's Critical Thinking Skill of Middle School Through STEM Education Project-Based Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 54-65.
- Nesloney, K., & Etchells, M. J. (2016). 10. AQUAPONICS. In e. a. Capraro, A *Companion to Interdisciplinary STEM Project-Based Learning* (pp. 75–79). New York: Sense Publishers.
- Nusanjaya, R. I. (2021). *Profil Kemampuan Berpikir Kritis Menggunakan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Secara Daring Pada Materi Pencemaran Lingkungan*. (Skripsi) Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

- Panggabean, L. (2006). *Penelitian Pendidikan*. Bandung: FPMIPA UPI.
- Panggabean, L. (1996). *Statistika Dasar*. Bandung: FPMIPA UPI.
- Paul, R., & Elder, L. (1997). Critical thinking: Implications for instruction of the stage theory. *Journal of developmental education*, 20(3), 34.
- Paul, R., & Elder, L. (2020). *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools : Eighth Edition*. London: Rowman & Littlefield.
- Piccolo, A., Short, D., & Sommerville, C. (2014). *Aquaponics: a smart fish-based solution to growing food using limited resources and little water*. [Online]. Diakses dari Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/d0ddadb9-fc9f-414b-9ef9-4e2b94dd841d/>
- Rahman, A. (2017). Analisis Pemahaman Guru tentang Asesmen Pembelajaran Matematika Tingkat SMP Negeri dan Swasta di Kabupaten Maros. *Jurnal Penelitian Jurusan/ Program Studi Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 1-29.
- Ratih, N. A. (2017). *Hubungan Tingkat Keterlaksanaan Pembelajaran Aktif pada Materi Akutandi dengan Motivasi Belajar dan Kecerdasan Emosional Siswa*. [Skripsi]. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Rektor-UPI. (2019). *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah UPI*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Restuati, M. (2021). Pembelajaran 6: Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup. In T. G. DIKDAS, *Modul Belajar Mandiri Calon Guru PPPK Bidang Studi Biologi* (pp. 143-162). Jakarta: Kemendikbud.
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan Problem Based Learning Berbasis STEM Pada Materi Alat Optik Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 117-123.
- Sam. (2022). DWC vs NFT vs Media Beds. [Online]. Diakses dari The Paulling Workshop: <https://www.thepaullingworkshop.com/dwc-vs-nft-vs-media-beds/>
- Sari, T. P., Dawud, & Andajani, K. (2019). Hubungan Kemampuan Berpikir Kritis dengan Kemampuan Menulis Teks Editorial Siswa Kelas XII. *Jurnal Pendidikan, Vol. 4, No. 1, Bln Januari*, 51—55.
- Setyaningsih, D., Bahar, H., Iswan, & Al-Mas'udi, R. A. (2020, 7 Oktober). Penerapan Sistem Budikdamber dan Akuaponik sebagai Strategi dalam Memperkuat Ketahanan Pangan di Tengah Pandemi Covid-19. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, pp. 1-10.

- Sinaga, R. D., Sudarma, I. M., & Dewi, R. K. (2021). Dampak Alih Fungsi Lahan terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Petani di Subak Sesetan. *Jurnal Agribisnis dan Agrowisata*, 727-736.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO).
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2020). *Management of the aquaponic systems*. Rome: Fisheries and Aquaculture Department (FI) in FAO.
- Stauffer, B. (2022, 10 Januari). *What Are 21st Century Skills?*. [Online]. Diakses dari Applied Education Systems: <https://www.aeseducation.com/blog/what-are-21st-century-skills#:~:text=Each%2021st%20Century%20skill%20is,Life%20skills>
- Sugara, Y. D., Sutopo, & Latifah, E. (2017). Pemikiean Siswa Ketika Menyelesaikan Soal-soal Textbook dan Real-Word. *Jurnal Pendidikan*, Vol. 2, No. 11, Bln November, 1534—1538.
- Sugiono. (2008). *Metode Penelitian Pendidikan, Pendekatan Kuanititatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta: Bandung.
- Syahputra, E. (2018). Pembelajaran Abad 21 dan Penerapannya di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional SINASTEKMAPAN (E-Journal)* , 1276-1283.
- Wibowo, S. (2021). Aplikasi Sistem Akuaponik dengan Hidroponik DFT pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, Vol. 8 No. 2, 125 - 133.
- Widya, Rifandi1, R., & Rahmi, Y. L. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-7.
- Zubaidah, S. (2010, 16 Januari). Berpikir Kritis: Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi yang Dapat Dikembangkan melalui Pembelajaran Sains. *Seminar Nasional Sains 2010 dengan Tema “Optimalisasi Sains untuk Memberdayakan Manusia”*, pp. 1-13.