



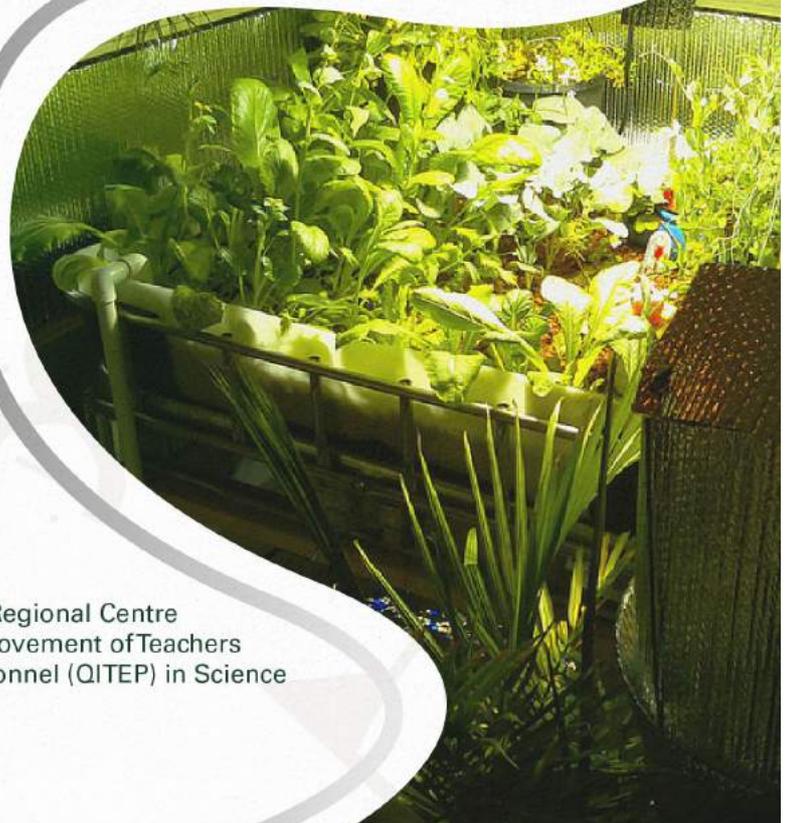
Adella Anfidina Putri, M.Sc., M.I.L.
M.Haidar Helmi, S.P.

Unit Pembelajaran STEM

Mata Pelajaran BIOLOGI
SMA Kelas XII

FAKTOR EKSTERNAL PERTUMBUHAN & PERKEMBANGAN TANAMAN:

Akuaponik



SEAMEO Regional Centre
for Quality Improvement of Teachers
and Education Personnel (QITEP) in Science

Unit Pembelajaran STEM

Mata Pelajaran BIOLOGI
SMA Kelas XII

FAKTOR EKSTERNAL PERTUMBUHAN & PERKEMBANGAN TANAMAN:

Akuaponik

Dalam Rangka Meningkatkan Mutu Buku

Judul Buku

Faktor Eksternal Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman: Akuaponik

Penulis

Adella Anfifina Putri, M.Sc., M.I.L., M. Haidar Helmi, S.P.

Penyunting

Dr. Elly Herliany
Rizwan Darmawan, M.M.

Penelaah

Dr. Ana Ratna Wulan

Desainer & Illustrator

Octo Reinaldy

Layout

Rizwan Darmawan, M.M.

Penerbit

SEAMEO QITEP In Science, 2018
Jl. Diponegoro no 12, 40115 Bandung City, West Java,
Indonesia, secretariat@qitepinscience.org

51 Halaman 21 x 29,7 cm

Copyright © 2018

South East Asia Ministry of Education Organization (SEAMEO)
Regional Centre for Quality Improvement of Teachers and Education Personnel
(QITEP) In Science.

UNDANG-UNDANG HAK CIPTA NOMOR 28 TAHUN 2014

Pasal 1

Nomor (1) : Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah satu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan

Nomor (3) : Ciptaan adalah setiap hasil karya di bidang ilmu pengetahuan, seni, dan sastra yang dihasilkan atas inspirasi, kemampuan, pikiran, imajinasi, kecekatan, keterampilan, atau keahlian yang diekspresikan dalam bentuk nyata.

Pasal 40

Nomor (1) : Ciptaan yang dilindungi meliputi ciptaan dalam bidang ilmu pengetahuan, seni, dan sastra, terdiri atas:

a. Buku, pamflet, perwajahan karya tulis yang diterbitkan, dan semua hasil karya tulis lainnya;
Sanksi pidana pada tindak plagiat atau pelanggaran hak cipta seperti tersebut di atas dapat dipidanakan dengan PENJARA masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/ atau denda paling sedikit RP. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Untuk membelajarkan peserta didik memiliki keterampilan abad 21, pembelajaran yang harus dilakukan guru pun harus berorientasi pada pembelajaran abad 21, yaitu yang memiliki karakteristik atau prinsip-prinsip: 1) pendekatan pembelajaran berpusat pada peserta didik; 2) peserta didik dibelajarkan untuk mampu berkolaborasi; 3) materi pembelajaran dikaitkan dengan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari, pembelajaran harus memungkinkan peserta didik terhubung dengan kehidupan sehari-hari mereka; dan 4) dalam upaya mempersiapkan peserta didik menjadi warga negara yang bertanggung jawab.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat mengakomodir karakteristik pembelajaran abad 21 tersebut adalah pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics atau disingkat dengan STEM. STEM merupakan suatu pendekatan dimana Sains, Teknologi, Enjiniring, dan Matematika diintegrasikan dengan fokus pada proses pembelajaran pemecahan masalah dalam kehidupan nyata, pembelajaran STEM memperlihatkan kepada peserta didik bagaimana konsep-konsep, prinsip-prinsip Sains, Teknologi, Enjiniring, dan Matematika digunakan secara integrasi untuk mengembangkan produk, proses, dan sistem yang memberikan manfaat untuk kehidupan manusia.

Untuk menyiapkan peserta didik Indonesia memperoleh keterampilan abad 21, yaitu keterampilan cara berpikir melalui berpikir kritis, kreatif, mampu memecahkan masalah dan mengambil keputusan serta cara bekerja sama melalui kolaborasi dan komunikasi, maka pendekatan STEM diadopsi untuk menguatkan implemmentasi Kurikulum Nasional (Kurikulum 2013). Pendekatan STEM diyakini sejalan dengan ruh Kurikulum 2013 yang dapat diimplementasikan melalui penggunaan model pembelajaran berbasis proyek (PJBL) dengan menggunakan scientific dan engineering practices. SEAMEO Center for Qitep in Science dan PPPPTK IPA sebagai atau UPT yang memiliki tugas dan fungsi meningkatkan kompetensi pendidik dan tenaga pendidikan di bidang sains mendukung upaya pemerintah dalam optimalisasi implementasi Kurikulum 2013 melalui integrasi STEM dalam pembelajaran sains. Salah satu bentuk dukungan tersebut adalah dengan melatih guru sains untuk memahami dan menguasai pembelajaran sains berbasis STEM dan mengembangkan bahan ajar sains berbasis STEM sesuai kurikulum 2013

Pengembangan bahan ajar sains berbasis STEM, dilakukan secara bertahap dan disesuaikan dengan Kurikulum 2013. Bahan ajar yang disusun dinamai UNIT PEMBELAJARAN STEM. Pada tahun 2018 telah dikembangkan tujuh (7) Unit Pembelajaran STEM yang dapat digunakan oleh guru SD, IPA SMP, Fisika SMA, Biologi SMA, Kimia SMA, dan IPA di SMK. Judul masing-masing Unit adalah sebagai berikut:

1. Unit Pembelajaran STEM IPA SD : Rangkaian Listrik – Instalasi Listrik di Rumah
2. Unit Pembelajaran STEM IPA SMP : Miniatur Rumah Hemat Energi
3. Unit Pembelajaran STEM Kimia SMA : Elektrokimia - Elektroplating/ Pelapisan Logam
4. Unit Pembelajaran STEM Fisika SMA : Keseimbangan Benda Tegar dan Fluida Statistik - Purwarupa Perahu Layar

5. Unit Pembelajaran STEM Biologi SMA : Faktor Eksternal terhadap Proses
Pertumbuhan & Perkembangan - Akuaponik
6. Unit Pembelajaran STEM Fisika SMK : Magnet dan Induksi Elektromagnetik -
Purwarupa Penghantar Listrik Nirkabel
7. Unit Pembelajaran STEM Kimia SMK : Senyawa Organik - Pembuatan Sabun

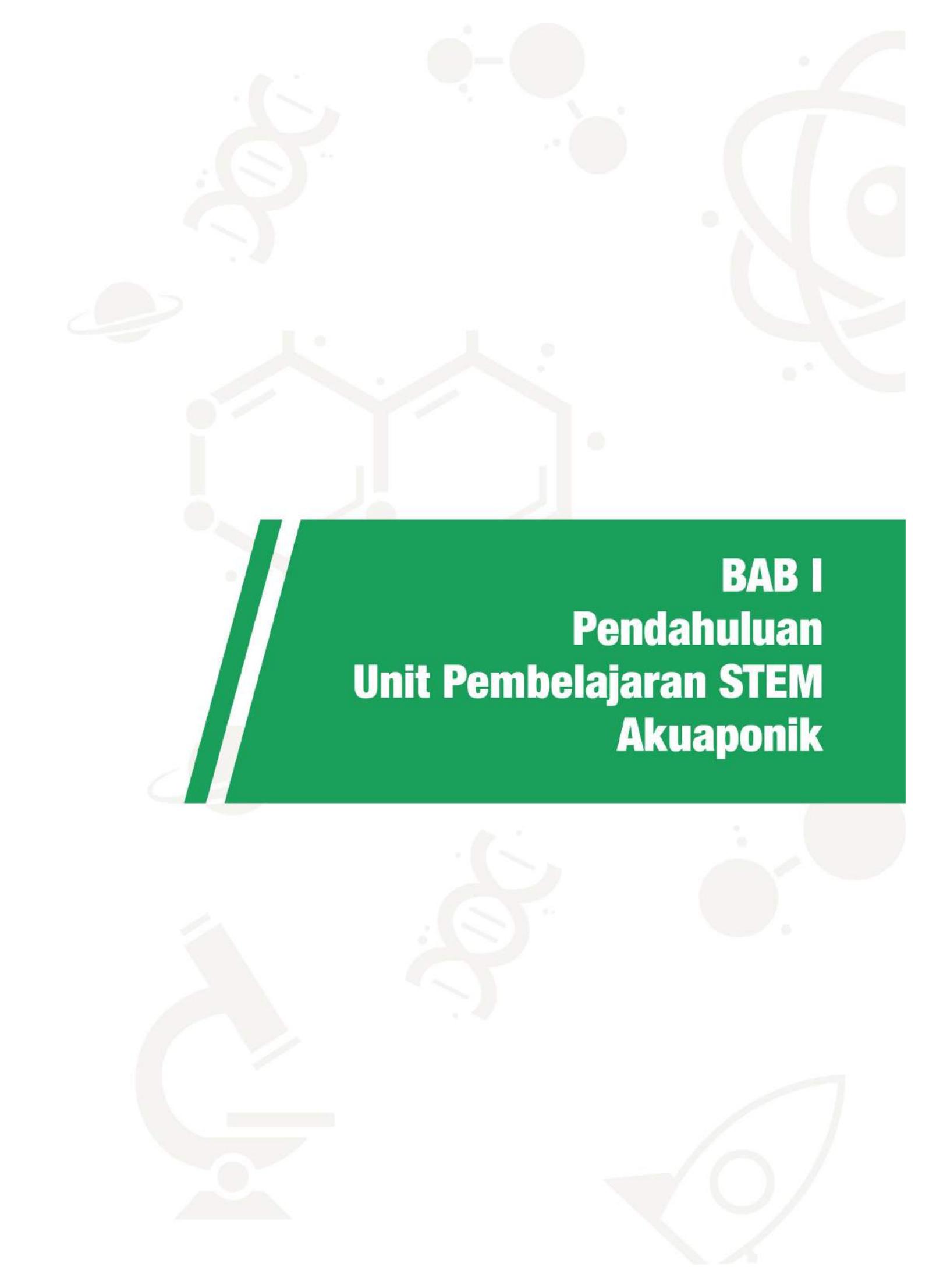
Besar harapan kami, Unit Pembelajaran tersebut dapat digunakan sebagai bahan ajar dan alternatif buku sumber bagi guru-guru yang mengajar IPA dalam menyusun rencana pembelajaran IPA berbasis STEM.

Dengan tersusunnya Unit Pembelajaran ini, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Ibu/Bapak Tim Penyusun, Ibu/Bapak Guru pengujicoba Unit di sekolah, Ibu/Bapak Dosen selaku penelaah dari Universitas Pendidikan Indonesia. Proses Pengembangan Unit Pembelajaran ini meskipun sudah dilakukan melalui tahapan telaahan pakar dan uji keterbacaan oleh guru, namun bila masih ditemukan kekurangan dan kelemahan, kami mohon Bapak/Ibu pengguna dapat memberikan masukan melalui email secretariat@qitepinscience.org serta melakukan penyempurnaan terhadap unit-unit yang telah dikembangkan di atas, sehingga dihasilkan bahan ajar yang memadai.

Bandung, April 2108
Direktur,

Dr. Indrawati, M.Pd.
NIP. 196112021986032001

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
I. Pendahuluan	3
A. Penjelasan Umum	3
B. Pembelajaran STEM pada topik Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	3
C. Unit Pembelajaran Akuaponik	4
II. Pembelajaran Akuaponik dengan Pendekatan STEM	9
A. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi	9
B. Tujuan Pembelajaran	10
C. Analisis Materi Pembelajaran STEM (S, T, E, M)	10
D. Tahapan Pembelajaran	11
E. Kemampuan Prasyarat:	14
F. Pengembangan Keterampilan Abad 21	15
G. Pengembangan Penguatan Pendidikan Karakter	16
H. Skenario Pembelajaran	17
I. Sumber Belajar	27
J. Alat dan Bahan	28
III. Penilaian	31
A. Teknik dan Bentuk Penilaian	31
B. Instrumen Penilaian	31
IV. Daftar Pustaka	43
V. Lampiran	46



BAB I
Pendahuluan
Unit Pembelajaran STEM
Akuaponik

I. Pendahuluan

A. Penjelasan Umum

Unit pembelajaran STEM: *Akuaponik* merupakan proyek dari topik di kurikulum 2013 Mata Pelajaran Biologi kelas XII semester I yaitu Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. Unit ini berisi pedoman untuk guru dalam menyajikan materi pembelajaran Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan menggunakan pendekatan Sains, Teknologi, *Engineering*, dan Matematika (STEM). Kompetensi dasar yang harus dicapai melalui pembelajaran ini meliputi Kompetensi Dasar (KD) 3.1: Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dan KD 4.1: Menyusun laporan hasil percobaan tentang pengaruh faktor eksternal terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pembelajaran akuaponik ini dirancang 4 jam pelajaran (2 kali pertemuan) dan penilaian topik Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan memerlukan waktu 2 Tatap Muka TM dengan asumsi 2 Jam Pelajaran (JP)/minggu diorganisasikan menjadi dua kali TM, yakni masing-masing 2+2 JP yang diikuti oleh kegiatan proyek di luar jam pelajaran. Pembelajaran menggunakan pendekatan STEM dengan model *Project Based Learning*.

B. Pembelajaran STEM pada Topik Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Pembelajaran STEM pada topik Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman mengangkat proyek akuaponik sebagai strategi untuk meningkatkan produksi tanaman sebagai sumber pangan yang terus menurun baik kualitas maupun kuantitasnya akibat dari tingkat urbanisasi dan pencemaran yang tinggi. Tingkat urbanisasi yang tinggi mendorong alih fungsi lahan dari yang semula sebagai lahan pertanian berubah menjadi pemukiman sehingga produksi tanaman sebagai sumber pangan menurun. Selain itu, tingginya polusi mengakibatkan penurunan kualitas dan kuantitas produksi tanaman akibat dari tercemarnya udara, air, dan tanah sebagai sumber daya utama pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Pembelajaran STEM pada proyek akuaponik memerlukan materi prasyarat di mana peserta didik diharuskan sudah memahami konsep proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya pada KD 3.1.

Berdasarkan KD 4.1 yang harus dicapai, peserta didik disarankan merancang desain penelitian pengaruh luar terhadap pertumbuhan tanaman melalui diskusi kelompok dan mempresentasikan hasil diskusi kelompok. Selain itu, mengacu kepada KD 4.2 yaitu melaksanakan penelitian pengaruh faktor luar terhadap pertumbuhan tanaman dan mempresentasikan hasilnya sebagai laporan maka pembelajaran menggunakan pendekatan STEM dirasa tepat dalam menyajikan topik ini.

Integrasi pengetahuan sains, teknologi, *engineering*, dan matematika pada topik Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan: Akuaponik antara lain:

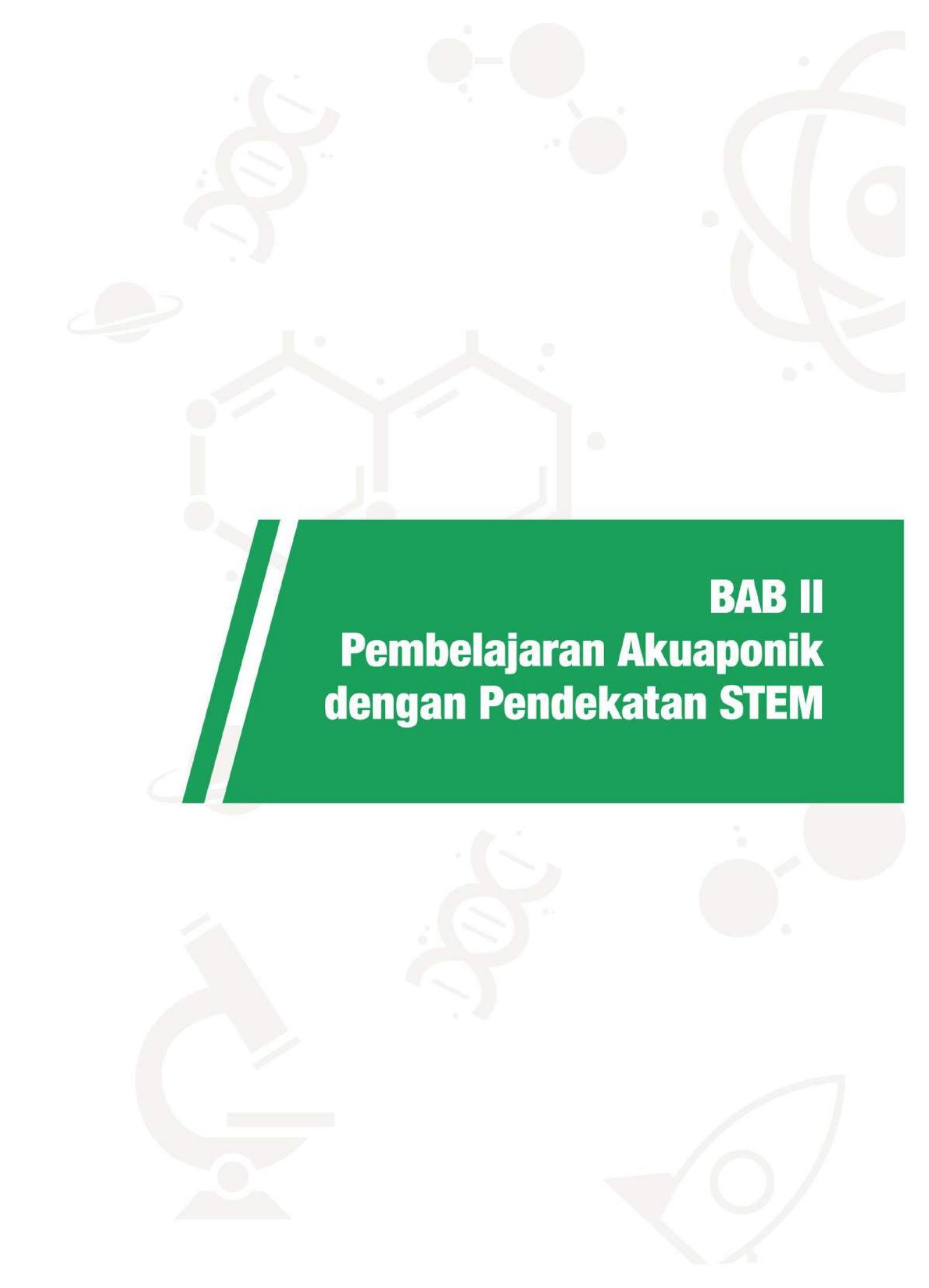
1. **Sains:** Pengetahuan sains yang diperoleh peserta didik terdiri dari konsep struktur dan fungsi tumbuhan, hormon pertumbuhan, faktor biotik dan abiotik terhadap tumbuhan, ekosistem, rantai makanan, dan aliran energi. Pengetahuan sains yang lainnya juga mencakup ilmu lingkungan seperti pencemaran air.
2. **Teknologi:** Teknologi yang dilatihkan pada peserta didik berkaitan dengan membuat proyek akuaponik sebagai alat produksi tanaman dan ikan sebagai sumber pangan di kawasan urban dengan kondisi keterbatasan lahan dan air.
3. **Engineering:** *Engineering* atau kegiatan merekayasa pada pembelajaran ini melatih peserta didik merekayasa komponen akuaponik sebagai media tumbuh tanaman tanpa tanah, pemenuhan nutrisi tanaman dan ikan hingga didapat hasil yang optimal. Proses merekayasa ini dituangkan dalam suatu desain percobaan dan prototipe rangkaian akuaponik.
4. **Matematika:** Konsep matematika pada pembelajaran ini digunakan dalam proses rekayasa untuk mendesain percobaan, menghitung pengeluaran pembuatan proyek akuaponik yang memiliki nilai ekonomi tinggi dengan biaya seminimal mungkin, ukuran dimensi alat seefisien mungkin, dan memperoleh hasil produksi tanaman dan ikan seoptimal mungkin.

C. Unit Pembelajaran Akuaponik

Unit pembelajaran akuaponik disusun sebagai pedoman bagi guru biologi SMA dalam mengembangkan perencanaan pembelajaran, pelaksanaan, dan penilaian proyek akuaponik. Unit pembelajaran ini terdiri dari tiga bagian yaitu: Bagian I Pendahuluan, Bagian II Pembelajaran dengan Pendekatan STEM, Bagian III Penilaian, Bagian IV Penutup, serta Lampiran. Bagian I memuat penjelasan umum, pembelajaran STEM dan deskripsi unit pembelajaran. Bagian II memuat Kompetensi Dasar dan Indikator

Pencapaian Kompetensi, Tujuan Pembelajaran, Analisis Materi Pembelajaran STEM, Desain Pembelajaran dengan Pendekatan STEM (S, T, E, M), Kemampuan Prasyarat, Pengembangan Keterampilan Abad ke-21, Pengembangan Penguatan Pendidikan Karakter, Skenario Pembelajaran, Sumber Belajar, serta Alat dan Bahan. Bagian III memuat Penilaian yang meliputi teknik dan bentuk penilaian dan instrumen penilaian. Bagian IV memuat penutup dan bagian terakhir adalah Lampiran yang meliputi Artikel Pendukung dan Lembar Kerja Siswa.





BAB II

Pembelajaran Akuaponik dengan Pendekatan STEM

II. Pembelajaran Akuaponik dengan Pendekatan STEM

A. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Kompetensi Dasar

- 3.1 Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.
- 4.1 Menyusun laporan hasil percobaan tentang pengaruh faktor eksternal terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

2. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator Pengetahuan (KD 3.1)

- a. Mendeskripsikan konsep pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
- b. Mengidentifikasi masalah tentang optimalisasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam kondisi ruang/sumber daya lahan yang terbatas.
- c. Menerapkan konsep akuaponik untuk memecahkan masalah terkait optimalisasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam kondisi ruang/sumber daya lahan yang terbatas.

Indikator Keterampilan (KD 4.1)

- a. Merancang proyek akuaponik berdasarkan konsep-konsep yang telah diketahui tentang pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup lengkap dengan alasan pemilihan tiap komponen dalam sistem serta perhitungan biayanya (rancangan desain alat di atas kertas).
- b. Merangkai alat sesuai rancangan (produk rancangan).
- c. Menguji coba dan mengevaluasi proyek akuaponik yang dibuat.
- d. Menyempurnakan rancangan berdasarkan hasil evaluasi.
- e. Mengomunikasikan hasil pembuatan proyek akuaponik dengan menekankan pada reasoning pada setiap tahapan dan pemilihan komponen.
- f. Melakukan kegiatan penanaman hingga menghasilkan hasil panen dan menyusun laporan pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dalam proyek akuaponik yang dibuat.

B. Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan pembelajaran, peserta didik dapat memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Memahami konsep pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup secara lebih terperinci melalui analisis faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
2. Merancang model proyek akuaponik berdasarkan konsep-konsep yang telah diketahui tentang pertumbuhan dan perkembangan.
3. Merangkai proyek akuaponik sesuai dengan rancangan.
4. Melakukan pengamatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman selama proyek akuaponik berlangsung.
5. Memecahkan masalah produksi tanaman pada keterbatasan lahan/ruang yang sempit melalui pendekatan teknologi tepat guna.
6. Menganalisis upaya pemecahan masalah yang paling efektif dan efisien dengan mempertimbangkan pengetahuan konsep yang sudah didapat dan kalkulasi kebutuhan biaya produksi akuaponik.

C. Analisis Materi Pembelajaran STEM (S, T, E, M)

Sains	Teknologi
1) Faktual: Akuaponik adalah upaya produksi dan rekayasa faktor eksternal pertumbuhan tanaman dalam lahan terbatas.	1) Menggunakan komputer (internet) untuk memperoleh informasi.
2) Konseptual: pertumbuhan dan perkembangan, faktor yang memengaruhi pertumbuhan, dan perkembangan tanaman.	2) Membuat sistem akuaponik.
3) Prosedural: Memecahkan masalah produksi tanaman dengan memerhatikan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan tanaman.	
4) Metakognitif: Strategi merancang prosedur dan sistem akuaponik yang	

efisien untuk lahan terbatas dan hemat biaya.	
<p>Engineering</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Merancang proyek akuaponik sebagai teknologi tepat guna. 2) Menguji coba, melakukan perbaikan, dan mengkomunikasikan hasil dari proyek akuaponik. 3) Merancang dan merekayasa agar produk yang dihasilkan mampu memenuhi standar pasar. 	<p>Matematika</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mengukur ketersediaan lahan untuk penempatan proyek akuaponik serta memprediksi bentuk geometri akuaponik yang paling sesuai dengan lahan yang tersedia. 2) Menghitung keperluan komponen yang akan digunakan untuk sistem akuaponik dengan menggunakan biaya seminimal mungkin dan hasil produksi optimum. 3) Membuat tabel pengamatan pengukuran pertumbuhan tanaman air. 4) Melakukan tranformasi data tabel menjadi grafik pertumbuhan tanaman air. 5) Menghitung biaya produksi. 6) Menghitung modal, nilai jual dan keuntungan/kerugian hasil produk aquaponik.

D. Tahapan Pembelajaran

Pembelajaran Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman: Akuaponik dengan pendekatan STEM dirancang dengan menggunakan model STEM *Project Based Learning*. Karakteristik utama dalam rancangan pembelajaran dengan pendekatan STEM ini ialah adanya *scientific* dan *engineering practices* yang dibelajarkan kepada peserta didik serta *crosscutting concept* yang menjadi jembatan yang menghubungkan antara sains yang dipelajari dengan teknologi dan engineering yang mendukung pemahaman sains yang dipelajari. Desain pembelajaran pada topik Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman: Akuaponik dengan pendekatan STEM disajikan pada tabel berikut.

Topik Materi	Konsep Esensial	Deskripsi STEM Project Based Learning	Scientific dan Engineering Practice	Crosscutting Concept
<ul style="list-style-type: none"> Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Indikator dan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Zat (makro dan mikronutrien) yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Desain proses, pembuatan sistem, uji coba dan analisis 	<ul style="list-style-type: none"> Pertumbuhan, perubahan bentuk dikarenakan bertambahnya jumlah sel yang diikuti dengan pembesaran ukuran sel-sel yang membentuk makhluk hidup. Perkembangan, proses perubahan fungsi organ-organ tubuh yang menjadi lebih kompleks, terjadi karena adanya diferensiasi sel. Indikator Pertumbuhan dan 	<ul style="list-style-type: none"> Refleksi (Reflection) Peserta didik memformulasikan solusi masalah keterbatasan ruang untuk produksi tanaman di perkotaan dengan pengetahuan faktor-faktor yang berpengaruh dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Riset (Research) Menggali alternatif alternatif solusi, desain efektif untuk memecahkan masalah serta membangun konsep yang belum diketahui 	<ul style="list-style-type: none"> Membuat pertanyaan (sains) dan menemukan masalah (<i>engineering</i>) Mengembangkan dan menggunakan model Merencanakan dan melakukan investigasi Analisis dan Interpretasi data Menggunakan pola berpikir matematis dan komputasi Membangun eksplanasi (sains) dan mendesain 	<p>Struktur dan fungsi</p> <p>Model dan Sistem Model</p>

Topik Materi	Konsep Esensial	Deskripsi STEM Project Based Learning	Scientific dan Engineering Practice	Crosscutting Concept
proyek akuaponik dalam Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	<p>Perkembangan, penambahan ukuran atau tumbuhnya organ reproduksi tanaman.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faktor -faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan, dibagi menjadi 2 yaitu faktor internal (gen dan hormon) serta faktor eksternal (nutrisi, cahaya, suhu, ketersediaan air) • Akuaponik, kombinasi berkelanjutan antara 	<p>untuk bahan merancang dan pembuatan proyek akuaponik.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penemuan (Discovery) Penentuan pemilihan solusi desain proyek akuaponik dengan didasarkan pada faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang didasarkan pada hasil diskusi kelompok peserta didik. • Penerapan (Application) Menguji proyek akuaponik dengan persyaratan yang telah ditentukan atau merevisi 	<p>solusi (engineering)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi 	

Topik Materi	Konsep Esensial	Deskripsi STEM Project Based Learning	Scientific dan Engineering Practice	Crosscutting Concept
	akuakultur (budidaya ikan) dengan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah yang berarti budidaya tanaman yang memanfaatkan air sebagai media tanam) yang menghasilkan simbiosis mutualisme atau saling menguntungkan	ulang persyaratan atau memilih solusi terbaik ☒Komunikasi (Communication) Mempresentasikan hasil akhir proyek akuaponik yang telah direvisi dalam lingkup kelas.		

E. Kemampuan Prasyarat:

Untuk mempelajari unit ini, perlu guru dan peserta didik perlu menguasai prasyarat pengetahuan dan keterampilan berikut.

1. Prasyarat pengetahuan dan keterampilan yang harus dimiliki guru sebelum menggunakan unit ini adalah sebagai berikut.
 - a. Pembelajaran dengan pendekatan STEM.
 - b. Pembelajaran dengan model *STEM Project Based Learning*.
 - c. Konsep pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

- d. Teori mengenai faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
 - e. Penilaian pada pembelajaran model *STEM Project Based Learning*.
2. Prasyarat pengetahuan dan keterampilan yang harus dimiliki peserta didik sebelum belajar tentang akuaponik adalah:
- a. memahami konsep konsep pertumbuhan dan perkembangan tanaman;
 - b. menentukan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman;
 - c. memecahkan masalah keterbatasan ruang untuk bercocoktanam melalui penerapan sains dan teknologi;
 - d. mengoperasikan dan membuat bahan presentasi dengan menggunakan aplikasi komputer; dan
 - e. terampil menggunakan alat ukur dan perkakas yang digunakan dalam pembuatan akuaponik.

F. Pengembangan Keterampilan Abad ke-21

Keterampilan abad ke-21 yang dikembangkan melalui pembelajaran Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman: Akuaponik dengan pendekatan STEM meliputi berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif. Contoh berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikatif, dan kolaboratif dirinci sebagai berikut.

1. Berpikir Kritis dan Memecahkan Masalah

Peserta didik berusaha untuk memberikan penalaran yang masuk akal dalam memahami dan membuat pilihan yang rumit, memahami interkoneksi antar sistem dalam memberikan solusi bagi pembuatan proyek akuaponik. Peserta didik juga menggunakan kemampuan yang dimilikinya untuk berusaha menyelesaikan permasalahan yang dihadapinya dengan mandiri. Selain itu, peserta didik juga memiliki kemampuan untuk menyusun dan mengungkapkan, menganalisa, dan menyelesaikan masalah.

2. Berpikir Kreatif dan Inovatif

Peserta didik memperoleh sarana untuk mengembangkan, melaksanakan, dan menyampaikan gagasan-gagasan baru kepada peserta didik yang lain, bersikap terbuka dan responsif terhadap perspektif baru dan berbeda pada saat diskusi.

3. Kolaboratif

Pembelajaran secara berkelompok dan kooperatif melatih peserta didik untuk berkolaborasi dan bekerja sama. Hal ini juga untuk menanamkan kemampuan bersosialisasi dan mengendalikan ego serta emosi. Dengan demikian, melalui kolaborasi akan tercipta kebersamaan, rasa memiliki, tanggung jawab, dan kepedulian antar-anggota.

4. Komunikatif

Peserta didik diberikan kesempatan menggunakan kemampuannya untuk mengutarakan ide-idenya, baik pada saat berdiskusi dengan teman-temannya, ketika menyelesaikan masalah dari pendidiknya, dan menyampaikan hasil proyek kepada teman-temannya.

G. Pengembangan Penguatan Pendidikan Karakter

1. Menunjukkan rasa syukur terhadap kebesaran Tuhan YME atas diciptakannya berbagai jenis makhluk hidup dengan segala karakteristik khususnya yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia.
2. Cinta tanah air dan melakukan upaya menjaga lingkungan dengan memecahkan masalah keterbatasan lahan produktif di negara kita melalui pendekatan teknologi tepat guna, disiplin dalam melakukan seluruh rangkaian kegiatan, pengamatan mandiri dan pengumpulan tugas proyek.
3. Bekerja sama dalam mendiskusikan serta melakukan kegiatan perancangan hingga pembuatan dan observasi proyek akuaponik.
4. Mampu melakukan kegiatan perancangan dan pembuatan dengan dukungan dan pemantauan minimum dari guru, namun tetap melakukan pekerjaan dengan sebaik-baiknya.

5. Jujur dalam melaporkan data praktikum dan bertanggung jawab dalam melaporkan tugas proyek sekalipun dengan pemantauan minim dari guru. Proaktif dalam kegiatan diskusi untuk memecahkan masalah dalam pembuatan proyek akuaponik.
6. Menggunakan alat dan bahan secukupnya.
7. Kreatif dalam membuat laporan tugas proyek akuaponik.

H. Skenario Pembelajaran

1. Pendekatan: Pendidikan STEM
2. Metode: Diskusi, Proyek, Pemberian tugas

Pertemuan pertama: 2x45 menit

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
Pendahuluan	<i>Reflection</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pertemuan diawali dengan salam dan pengecekan kesiapan peserta didik untuk belajar. • Guru memeriksa kehadiran peserta didik • Guru memberikan apersepsi dan motivasi <p>Contoh: “Coba lihat ke jendela luar dan perhatikan pohon yang tumbuh di sana? Menurut kalian, apakah akan berbeda antara pohon yang tumbuh di halaman sekolah itu dan pohon yang tumbuh di pegunungan? Atau apakah pohon yang berada di pegunungan akan punya pertumbuhan yang sama dengan pohon yang tumbuh di daerah kering?”</p>	10

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
		<ul style="list-style-type: none"> Guru melakukan <i>review</i> materi konsep pertumbuhan dan perkembangan yang telah diberikan pada pertemuan sebelumnya. 	
Kegiatan Inti	<i>Research</i>	<ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing diskusi kelas dengan menstimulasi peserta didik untuk membuat pertanyaan yang menuntut berfikir kritis tentang konsep pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dan faktor–faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan. Contoh pertanyaan: ”<i>Faktor apa yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman?</i>“, ”<i>Apa fungsi faktor tersebut pada tumbuhan?</i>“, ”<i>Bagaimana tumbuhan mengatur ketersediaan faktor itu dari lingkungannya?</i>” Peserta didik diminta memberikan kesimpulan sementara/hipotesis dari faktor-faktor yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan 	20

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
		<p>tanaman.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok. • Guru memberikan artikel/video yang menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman memerlukan lahan dan memberikan penjelasan bahwa lahan merupakan sumber daya yang terbatas sehingga menjadi potensi masalah di masa depan. • Peserta didik menganalisis permasalahan yang disajikan, mengidentifikasi masalah utama dari kasus tersebut dan mengkaji usulan pemecahan masalah untuk mengatasi masalah dalam kasus di atas. • Guru membagikan 2 Lembar Kerja Siswa (LKS). LKS pertama berisi hipotesis dari faktor-faktor yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan LKS kedua tentang ide pemecahan masalah optimalisasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam lahan terbatas dengan memerhatikan faktor-faktor penentu pertumbuhan. 	

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
	<i>Research and Discovery</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengumpulkan informasi/literatur dengan cara urung rembuk dan jelajah internet tentang literatur-literatur ilmiah tentang hipotesis faktor-faktor yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peserta didik menandai apakah hipotesis mereka berlandaskan ilmiah atau tidak. • Peserta didik mengumpulkan informasi dengan cara urung rembuk dan jelajah internet tentang proyek akuaponik untuk menghasilkan sistem yang memecahkan masalah keterbatasan lahan sekaligus dapat mengatur faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. • Guru membimbing peserta didik untuk menguji hipotesis berdasar kajian literatur yang ditemukan dan mengkaji proyek akuaponik yang potensial untuk dikembangkan oleh peserta didik. • Guru memotivasi peserta didik untuk merancang alat akuaponik 	45

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
		<p>dengan menerapkan pengetahuan peserta didik tentang faktor-faktor penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru mengarahkan peserta didik untuk membuat gambar rancangan proyek akuaponik berdasarkan hasil diskusi kelompok. • Guru menekankan pemberian alasan mengapa peserta didik memilih jenis sistem/model pada proyek akuaponik, jenis tanaman hingga jenis ikan dan pakan dengan alasan yang logis. • Guru memberikan penekanan kembali proses desain rekayasa dalam proyek yang akan dibuat peserta didik. • Peserta didik menggambarkan rancangan desain proyek yang dibuat dan secara rinci sesuai LKS. 	
	<i>Discovery</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing peserta didik membuat jadwal selama menyelesaikan tugas proyek, mulai dari merancang, membuat, evaluasi, dan 	10

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
		<p>perbaikan hingga proyek observasi pertumbuhan hingga panen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik membuat jadwal untuk proyek akuaponik. • Menginformasikan peserta didik untuk mendokumentasikan seluruh proses. • Menginformasikan peserta didik untuk mengisi lembar penilaian diri dan penilaian antar teman saat melaksanakan kegiatan proyek akuaponik • Peserta didik berkelompok mengumpulkan hasil rancangan proyek akuaponik yang akan dibuat serta jadwal yang akan dikerjakan. 	
Penutup		<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik diarahkan untuk menganalisis hasil kerja dan mengevaluasi hasil belajar tentang materi yang telah dipelajari melalui diskusi kelas • Guru merefleksi hasil kegiatan pembelajaran. • Guru menginformasikan kegiatan pembelajaran di luar kelas untuk laporan kemajuan projek dan pembelajaran 	10

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu (menit)
		berikutnya.	
Kegiatan <i>monitoring</i> tambahan (di luar kelas)	<i>Application</i>	<ul style="list-style-type: none"> Guru melakukan <i>monitoring</i> untuk mengecek kesesuaian jadwal yang dibuat oleh peserta didik dan mengetahui sudah sampai mana proyeknya telah dikerjakan oleh peserta didik. Guru berperan sebagai mentor pada tahap ini untuk membimbing peserta didik jika mempunyai kesulitan pada saat menyelesaikan proyek. Peserta didik melaporkan apabila ada perubahan dari rancangan awal dan menuliskan setiap perubahan beserta alasannya. 	

Pertemuan kedua: 2x45 menit

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu
Pendahuluan		<ul style="list-style-type: none"> Pertemuan diawali dengan salam dan pengecekan kesiapan peserta didik untuk belajar. Guru memberikan apersepsi dan motivasi Guru melakukan <i>review</i> materi yang dibahas pada pertemuan 	10

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu
		sebelumnya.	
Kegiatan Inti	<i>Application and Communication</i>	<p>Guru menguji hasil proyek yang dikerjakan oleh peserta didik, konten yang diujikan adalah:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se jauh mana kemajuan pembuatan proyek akuaponik oleh peserta didik. Setiap kelompok mempresentasikan hasil proyek akuaponiknya disertai kesesuaian hasil akhir dengan rancangan sebelumnya. • Peserta didik secara berkelompok diminta menguji fungsi proyek akuaponik dan saling memberikan komentar antar kelompok tentang kesesuaian proyek akuaponik dengan kebutuhan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. • Guru meminta peserta didik untuk mendiskusikan perbaikan pada proyek akuaponik yang sudah dibuat sesuai hasil diskusi. • (Bila memungkinkan untuk diperbaiki saat itu juga) Guru meminta peserta didik mengujicobakan kembali proyek akuaponik yang sudah 	40

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu
		<p>diperbaiki sesuai hasil diskusi dan meminta peserta didik dari kelompok lain untuk menentukan hasil proyek terbaik.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan <i>peer assessment</i> untuk melihat keaktifan masing-masing peserta didik. • Setiap kelompok diberikan LKS hasil pembuatan proyek akuaponik dengan menekankan pada <i>reasoning</i> pada setiap tahapan dan pemilihan komponen (jenis tanaman, jenis akuaponik, lokasi, ukuran, jenis ikan, jenis pakan, dan lainnya). 	
	<i>Additional: Evaluation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek. Guru dan peserta didik mengembangkan diskusi dalam rangka memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran, sehingga pada akhirnya ditemukan suatu temuan baru (<i>new inquiry</i>) untuk menjawab permasalahan yang diajukan pada tahap pertama 	10

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu
		pembelajaran.	
Penutup		<ul style="list-style-type: none"> • Guru mengumumkan kelompok yang mendapatkan penilaian terbaik dari guru dan rekan sekelas. Peserta didik diminta menganalisis mengapa sistem tersebut dianggap paling baik dan faktor pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dapat direayasa melalui proyek akuaponik. Melalui diskusi kelas, peserta didik juga diminta menganalisis bagaimana sistem yang terbaik untuk mengatasi sumber daya yang terbatas untuk menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimum. • Guru memberikan penguatan terkait faktor-faktor yang berpengaruh dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. • Guru mengingatkan peserta didik untuk tetap merawat proyek akuaponik yang telah dibuat (minimal) hingga pemanenan pertama dan mengisi laporan observasi pengamatan pertumbuhan tanaman. 	30

Langkah Pembelajaran	Sintak Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi waktu
		<ul style="list-style-type: none"> Laporan ini akan menjadi evaluasi proyek peserta didik melengkapi hasil evaluasi perencanaan dan pembuatan proyek akuaponik. Guru memberikan <i>self-assessment</i> untuk melihat pemahaman diri peserta didik terkait penerapan konsep faktor-faktor pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Guru mengakhiri pertemuan dengan memberi tugas untuk membuat laporan kegiatan proyek dan diberi batas waktu. Guru menginformasikan kepada peserta didik kegiatan pembelajaran berikutnya. 	

I. Sumber Belajar

Sumber belajar pada pembelajaran ini dapat menggunakan:

1. Buku pegangan peserta didik Biologi SMA kelas XII sesuai kurikulum 2013 Revisi tahun 2017
2. Sumber bacaan lainnya yang relevan
3. Internet (<https://www.aquaponicsusa.com>, <https://www.ecolifeconservation.org>, <https://daytonregionalstemcenter.org>, <https://fao.org>, dan lainnya)

J. Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan pada pembelajaran ini.

Alat

1. Pipa PVC
2. Selang plastik
3. Dudukan pipa
4. *Aerator*
5. Wadah penampungan air
6. Kolam
7. Paku
8. Lem tembak
9. Selotip PVC
10. Selang plastik
11. Lem super glue
12. Lem PVC
13. Pemotong pipa
14. *Aerator*
15. *Timer*
16. Plastik kedap air
17. Gunting

Bahan

1. Bibit tanaman
2. Bibit ikan
3. Pakan ikan



BAB III

Penilaian Pembelajaran

III. Penilaian

A. Teknik dan Bentuk Penilaian

No	Aspek	Teknik	Bentuk Instrumen
1.	Sikap	a. Observasi Kegiatan Proyek Akuaponik b. Observasi Kegiatan Diskusi c. Penilaian Diri d. Penilaian Antar Peserta Didik e. Jurnal	a. Lembar Observasi b. Lembar Observasi c. Format Penilaian d. Format Penilaian e. Catatan
2.	Pengetahuan	a. Tes tertulis b. Penugasan	a. Soal pilihan ganda b. Soal Uraian c. Tugas
3.	Keterampilan	a. Penilaian Praktik b. Penilaian Proyek c. Penilaian Portofolio	a. Lembar Pengamatan b. Rubrik Penilaian Tugas Proyek

B. Instrumen Penilaian

1. Penilaian Sikap

Berikut adalah lembar penilaian sikap peserta didik pada saat diskusi.

LEMBAR PENILAIAN PADA KEGIATAN DISKUSI						
Mata pelajaran	:	Biologi				
Kelas/semester	:					
Topik	:	Proyek akuaponik				
Kegiatan diskusi	:				
Indikator	:	Peserta didik menunjukkan perilaku kerja sama, rasa ingin tahu, santun, dan komunikatif sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuat keputusan.				
Berikan skor 1-4 pada setiap kolom sikap yang dinilai sesuai dengan sikap peserta didik selama berdiskusi						
No	Nama Peserta Didik	Kerjasama	Santun	Rasa Ingin Tahu	Komunikatif	Jumlah Skor
1					
2					

2. Penilaian Diri

Penilaian diri peserta didik dapat dilakukan menggunakan lembar penilaian berikut.

PENILAIAN DIRI			
Nama: _____		Kelas: _____	
Topik: Proyek Akuaponik			
Setelah menyelesaikan proyek akuaponik, kamu dapat melakukan penilaian diri dengan cara memberikan tanda <input checked="" type="checkbox"/> pada kolom yang tersedia sesuai dengan kemampuan.			
No	Pernyataan	Sudah Memahami	Belum Memahami
1	Memahami pengaruh faktor-faktor luar yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman		
2	Memahami manfaat pembuatan akuaponik		
3	Memahami pemecahan permasalahan keterbatasan lahan dan air dalam kehidupan dengan menggunakan teknologi		
4	Memahami cara perancangan proyek akuaponik		

3. Penilaian antar Teman

Lembar berikut dapat digunakan untuk melakukan penilaian antar peserta didik.

PENILAIAN ANTAR PESERTA DIDIK							
Topik/Subtopik:				Kelompok:			
Tanggal Penilaian:				Nama Penilai:			
<ul style="list-style-type: none"> - Pernyataan di bawah ini untuk menilai diri kamu sendiri dan teman sekelompok selama proses pembelajaran dan penyusunan proyek - Objektivitas harus dijunjung tinggi - Amati perilaku temanmu dengan cermat selama mengikuti pembelajaran - Berikan tanda ceklist (<input checked="" type="checkbox"/>) jika melaksanakan atau strip (-) jika tidak melaksanakan pada kolom yang disediakan berdasarkan hasil pengamatannya. - Serahkan hasil pengamatannya kepada gurumu. 							
No.	Perilaku	Namamu	Teman 1	Teman 2	Teman 3	Teman 4	Teman 5
	Mau menerima pendapat teman						
	Mengajak teman untuk menerima pendapatnya						
	Mau bekerja sama dengan semua teman						
	Membantu proses pembuatan proyek						

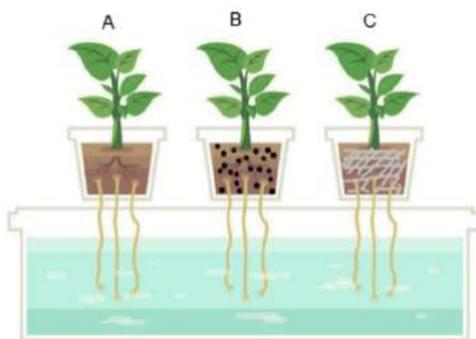
4. Penilaian Pengetahuan

Untuk menilai pengetahuan dari peserta didik, dapat dilakukan dengan menggunakan soal-soal di bawah ini.

Bacalah teks berikut ini untuk menjawab soal nomor 1 dan 2!

HIDROPONIK SISTEM SUMBU

Budidaya tanaman hidroponik juga dapat dilakukan guna ikut mensukseskan konservasi karena biodiversitas berbagai sayur mayur akan terus digalangkan. Selain itu, penggunaan air dan lahan yang minimal juga termasuk dalam upaya menyukseskan konservasi sehingga penanaman hidroponik sangat bagus untuk dilakukan karena tidak menggunakan listrik serta mempertahankan biodiversitas sayuran. Temanmu membuat sebuah perangkat uji coba hidroponik menggunakan sistem sumbu kapiler di halaman rumahnya seluas 9 m², seperti pada gambar berikut.



Gambar 1

Temanmu tersebut menanam kangkung menggunakan sistem ini dengan perbedaan media tanam. Pot A menggunakan sabut kelapa, pot B menggunakan media tanah humus, dan pot C menggunakan media arang sekam padi. Tiga buah sumbu terendam larutan nutrisi terhubung dengan pot seperti pada gambar. Setelah 3 minggu, terlihat perbedaan pertumbuhan pada ketiga tanaman tersebut, data pertumbuhan disajikan pada tabel.

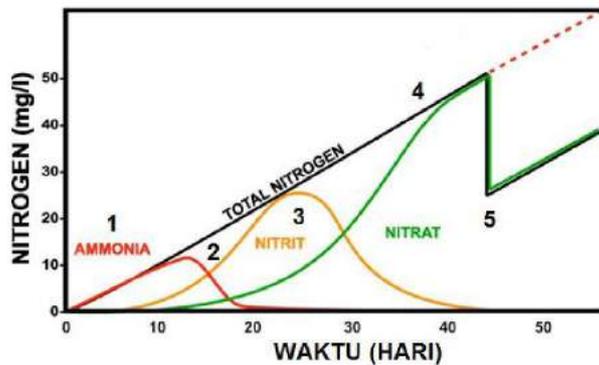
Tabel 1. Data Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kangkung

No.	Parameter	Pot A (sabut)	Pot B (humus)	Pot C (arang sekam)
1.	Jumlah daun	10 helai	9 helai	12 helai
2.	Tinggi tanaman	25 cm	30 cm	35 cm
3.	Warna daun	Hijau kekuningan	Hijau pucat	Hijau
4.	Luas rata-rata daun	9 cm ²	8 cm ²	9,1 cm ²

- Berdasarkan informasi di atas, kemungkinan utama penyebab perbedaan hasil percobaan yang diperoleh temanmu tersebut adalah....
 - Perbedaan kecepatan kapilaritas nutrisi pada sumbu menyebabkan perbedaan daya serap nutrisi pada akar.
 - Nutrisi yang dialirkan bertahap pada sumbu tidak terserap dengan baik pada tanaman yang ditanam pada medium arang sekam.
 - Seluruh tanaman memperoleh nutrisi yang sama namun terdapat perbedaan kecepatan penyerapan oleh akar.
 - Terdapat perbedaan kecepatan kapilaritas pada medium tanam kangkung, sehingga penyerapan nutrisi berbeda.**
 - Terdapat zat yang hilang selama nutrisi mengalir melalui sumbu dan melewati media tanam.
- Sebuah pot hidroponik membutuhkan area 40 cm², Jika peserta didik tersebut ingin membuat seluruh halaman rumahnya menjadi area hidroponik dan mendapatkan hasil semaksimal mungkin, maka upaya berikut yang **tidak** membantu peserta didik tersebut adalah....
 - Membuat sistem hidroponik bertingkat sehingga lebih sedikit memakan tempat.
 - Mengganti tanaman dengan tanaman lain yang berukuran lebih kecil tanpa merubah desain yang sudah ada.**
 - Memperkecil ukuran pot, sehingga memperkecil luas area tanam.
 - Membuat modifikasi pada pot sehingga bisa ditanami lebih dari satu tanaman.

(E) Membuat tangki nutrisi terpisah untuk masing-masing pot.

3. Grafik berikut menggambarkan fluktuasi bentuk nitrogen pada air rendaman nutrisi hidroponik sistem kapiler. Jika unsur nitrogen menjadi pembatas utama penggantian air rendaman nutrisi, maka tahap terbaik penggantian air rendaman adalah....



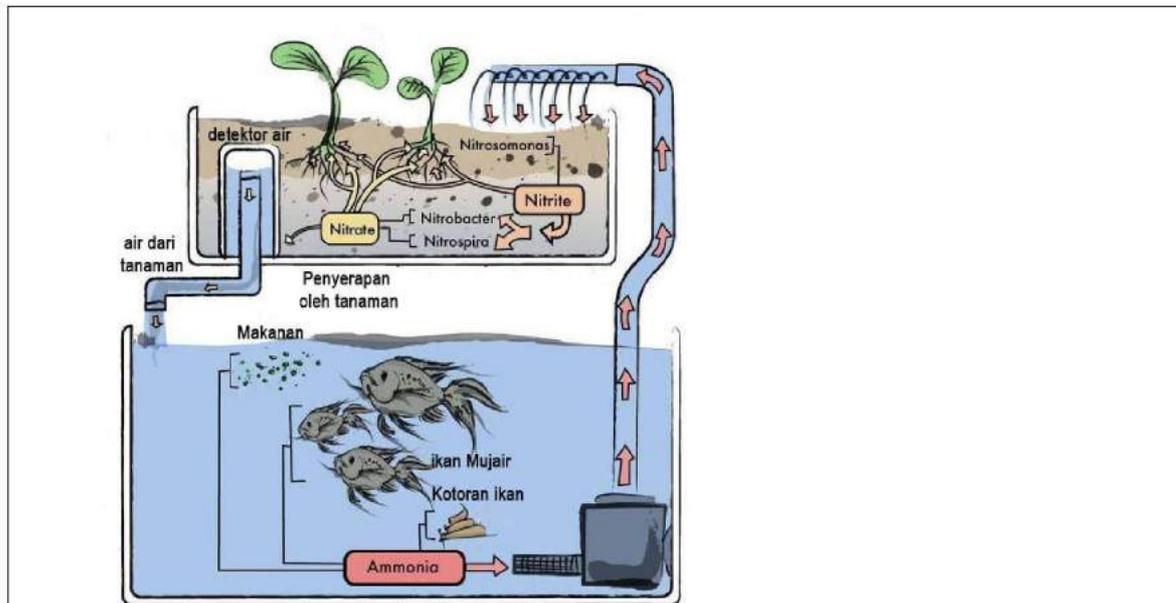
- (A) Tahap 1
 (B) Tahap 2
 (C) Tahap 3
 (D) Tahap 4
 (E) Tahap 5

4. Perhatikan beberapa limbah berikut ini:

1. Sisa pupuk yang terbawa ke sungai
2. Pestisida yang terbawa aliran air saat hujan
3. Penggunaan bahan bakar fosil
4. Pembuangan limbah padat ke sungai
5. Air sisa mencuci pakaian
6. Pembuangan limbah kotoran sapi ke sungai

Limbah yang dapat mengakibatkan melimpahnya tanaman air tertentu di suatu perairan adalah....

- (A) 1 dan 2
 (B) 1 dan 6
 (C) 2 dan 3
 (D) 3 dan 5
5. Perangkat percobaan berikut merupakan metode akuaponik yang menggabungkan pertumbuhan ikan mujair dan tanaman bersamaan dalam satu sistem dan saling menguntungkan.



Bentuk hubungan saling menguntungkan keduanya yang paling tepat adalah....

	Tanaman dalam pot	Ikan dalam kolam
(A)	Efisiensi dalam memperoleh pasokan nitrat sebagai sumber nitrogen.	Efisiensi dalam pembuangan sampah nitrogen dalam bentuk ammonia yang sangat beracun.
(B)	Efisiensi dalam siklus hidrogen dalam tanah untuk menambah pasokan nitrogen bagi ikan	Efisiensi dalam pembuangan sampah nitrogen dalam bentuk ammonia yang sangat beracun.
(C)	Tumbuhan tidak memerlukan pemupukan ekstra, karena mendapat pasokan nitrogen dari air buangan kolam ikan.	Kebersihan air dalam kolam selalu terjaga karena seluruh kotoran dalam kolam ikan tersaring seluruhnya oleh tanaman.
(D)	Tumbuhan memperoleh pasokan zat organik dari air buangan kolam ikan sebagai sumber nitrogen.	Ikan memperoleh pasokan zat organik dari asupan air yang telah melewati pot berisi tanaman.
(E)	Tumbuhan memperoleh pasokan zat anorganik dari air buangan kolam ikan sebagai sumber karbon.	Ikan memperoleh pasokan zat organik dari asupan air yang telah melewati pot berisi tanaman.

5. Penilaian Keterampilan (Presentasi)

No	Nama Peserta didik	Sistematika Presentasi	Penggunaan Bahasa	Ketepatan intonasi dan kejelasan artikulasi	Kemampuan mempertahankan dan menanggapi pertanyaan atau sanggahan

6. Rubrik Penilaian Keterampilan (Presentasi)

No.	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		1	2	3	4
1	Sistematika Presentasi	Materi presentasi diajukan secara tidak runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara kurang runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut tetapi kurang sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut dan sistematis
2	Penggunaan Bahasa	Bahasa yang digunakan sangat sulit dipahami	Bahasa yang digunakan agak sulit mudah dipahami	Bahasa yang digunakan cukup mudah dipahami	Bahasa yang digunakan sangat mudah dipahami
3	Ketepatan Intonasi dan Kejelasan Artikulasi	Penyampaian materi disajikan dengan intonasi yang tidak tepat dan artikulasi/lafal yang tidak jelas.	Penyampaian materi disajikan dengan intonasi yang kurang tepat dan artikulasi/lafal yang kurang jelas.	Penyampaian materi disajikan dengan intonasi yang agak tepat dan artikulasi/lafal yang agak jelas.	Penyampaian materi disajikan dengan intonasi yang tepat dan artikulasi/lafal yang jelas.

No.	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		1	2	3	4
4	Kemampuan mempertahankan dan menanggapi pertanyaan atau sanggahan	Sangat kurang mampu mempertahankan dan menanggapi pertanyaan/sanggahan	Kurang mampu mempertahankan dan menanggapi pertanyaan/sanggahan dengan baik	Mampu mempertahankan dan menanggapi pertanyaan/sanggahan dengan cukup baik	Mampu mempertahankan dan menanggapi pertanyaan/sanggahan dengan arif dan bijaksana

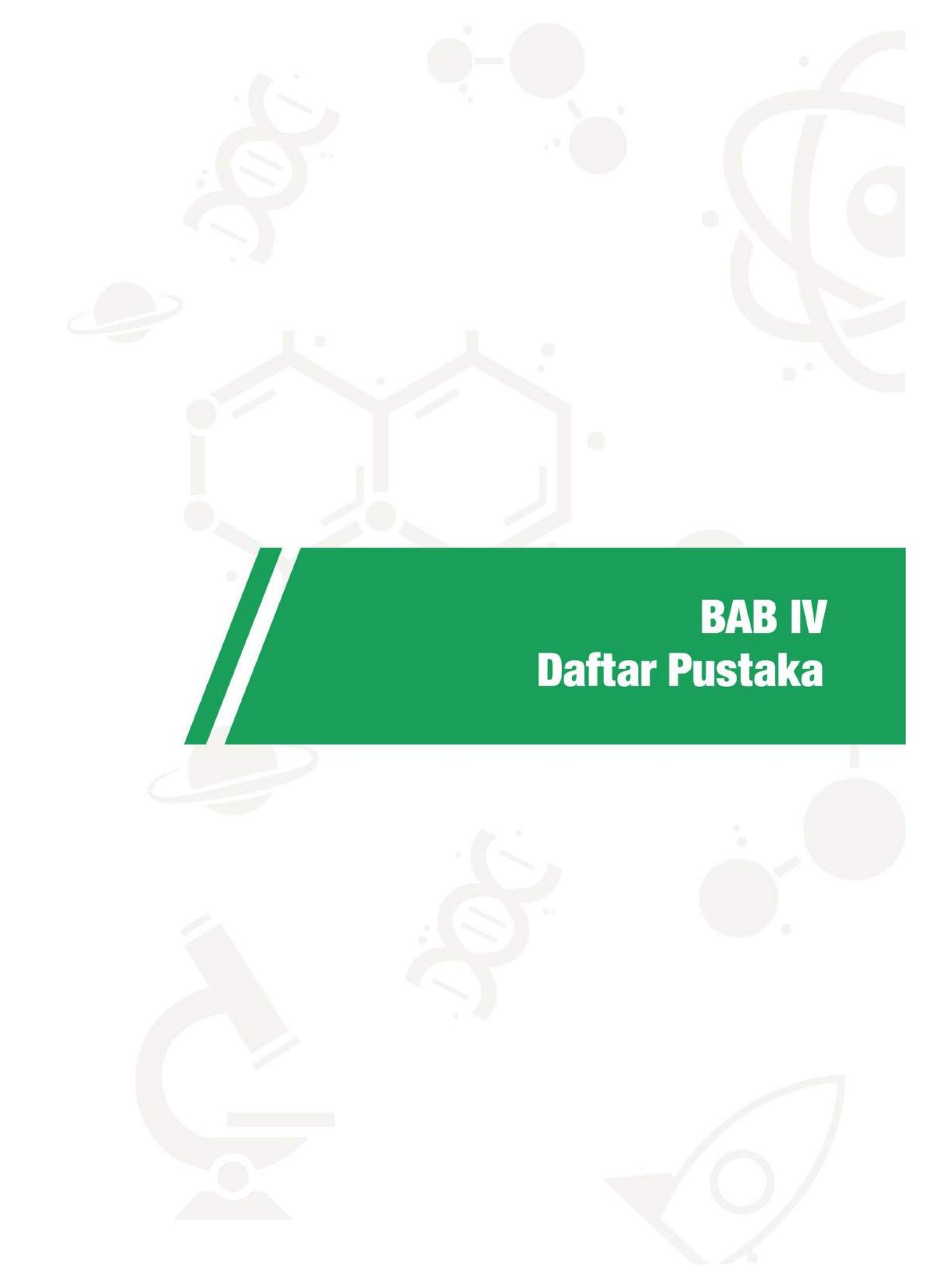
7. Lembar Penilaian Proyek dan Produk (cek indikator untuk laporan ini)

No.	Indikator Penilaian	Penilaian		
		1	2	3
A	Perencanaan			
1	Persiapan alat dan bahan			
2	Rancangan: <ol style="list-style-type: none"> Gambar rancangan Alur kerja dan deskripsi Penggunaan alat 			
B	Hasil Akhir (produk)			
3	Bentuk fisik			
4	Inovasi alat			
C	Laporan			
5	Laporan dibuat dengan kriteria: <ol style="list-style-type: none"> Kebermanfaatan laporan Sistematika laporan Penulisan kesimpulan 			

Berikut rubrik untuk penilaian proyek dan produk.

No.	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian		
		1	2	3
A	Perencanaan			
1	Persiapan alat dan bahan	Alat dan bahan kurang lengkap	Alat dan bahan lengkap tetapi tidak sesuai dengan gambar rancangan	Alat dan bahan lengkap sesuai dengan gambar rancangan
2	Rancangan: a. Gambar rancangan b. Alur kerja dan deskripsi c. penggunaan alat	Terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan alat tetapi tidak sesuai	Terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan alat tetapi kurang sesuai	Terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan.
B	Hasil Akhir (produk)			
3	Bentuk fisik	Alat tidak sesuai rancangan dan tidak dapat digunakan	Alat kurang sesuai rancangan tetapi dapat digunakan	Alat sesuai rancangan dan dapat digunakan
4	Inovasi alat	Alat dibuat dari bahan yang ada di lingkungan sekitar tetapi desain tidak menarik	Alat dibuat dari bahan yang ada di lingkungan sekitar tetapi desain kurang menarik	Alat dibuat dari bahan yang ada di lingkungan sekitar dan menarik
C	Laporan			
5	Laporan dibuat	Hanya salah satu	Sistematika	Sistematika

No.	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian		
		1	2	3
	dengan kriteria: a. Kebermanfaatan laporan b. Sistematika laporan c. Penulisan kesimpulan	aspek yang terpenuhi.	laporan sesuai dengan kriteria, isi laporan kurang bermanfaat dan kesimpulan sesuai	laporan sesuai dengan kriteria, isi laporan bermanfaat dan kesimpulan sesuai.
D	Penilaian Metakognitif			
6	Proyek akhir berfungsi secara efisien	Proyek akuaponik dapat berfungsi baik namun kurang efektif dalam penggunaan energi dan penempatan ruang.	Proyek akuaponik dapat berfungsi baik dan memiliki penggunaan serta siklus energi yang baik, namun kurang efektif penggunaan ruang.	Proyek akuaponik telah berfungsi bagi serta memenuhi kaidah penggunaan energi (listrik, pakan, air, dll) serta sudah memecahkan masalah keterbatasan penggunaan ruang.
7	Proyek akuaponik akhir berbiaya hemat	Harga bahan dan pembuatan proyek akuaponik lebih mahal dari kit akuaponik yang tersedia di pasaran.	Harga bahan dan pembuatan proyek akuaponik tidak berbeda jauh dari kit akuaponik yang tersedia di pasaran.	Harga bahan dan pembuatan proyek akuaponik lebih terjangkau dari kit akuaponik yang tersedia di pasaran.



BAB IV **Daftar Pustaka**

IV. Daftar Pustaka

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunity*. Arlington, VI: National Science Teachers Association (NSTA) Press.
- Hanover Research- District Administrative Practices. (October 2011). *K-12 STEM Education Overview*. Washington, DC
- <https://daytonregionalstemcenter.org>
- <https://fao.org>
- <https://www.aquaponicsusa.com>
- <https://www.ecolifeconservation.org>
- Majalah Trubus Online. *Urban Farming: Bertanam di Perkotaan*. (Tertanggal: 29/11/2017)
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Widodo, Wahono et al. (2017). *Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VII*. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud.



BAB V
Lampiran

V. Lampiran

Lampiran 1:

Sumber Bacaan: Artikel Pengenalan Permasalahan

Urban Farming: Bertanam di Perkotaan



Gambar 1. Bertanam sayuran (tasalampot) di atas sungai

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Bagi banyak orang, berkebun menjadi hal yang sulit dilakukan di perkotaan, apalagi di Jakarta yang sarat berbagai masalah lingkungan. Mulai dari polusi udara, lahan yang sempit, serta buruknya kondisi tanah dan udara. Namun, sulit bukan berarti tidak mungkin. Berkebun bisa dilakukan di lahan kosong, halaman rumah, bahkan balkon di perkotaan padat penduduk.



Gambar 2. Vertikultur di atas trotoar

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Sesuai ketentuan Menteri Perumahan Rakyat, sedikitnya 40% area perumahan harus melingkupi Ruang Terbuka Hijau (RTH). Oleh karena itu, berkebun menjadi salah satu cara yang harus ditempuh agar perumahan atau pemukiman penduduk memiliki RTH. Dampak keberadaan RTH pada kawasan perumahan antara lain sebagai penahan angin, memperindah lingkungan, mengurangi dampak banjir, serta menciptakan iklim mikro.



Gambar 3. Bertanam di dak rumah atau roof garden

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Kegiatan pertanian perkotaan memberi dampak bagi lingkungan. Tanaman akan menghasilkan oksigen. Apa pun jenis tanaman dan cara budidaya, dapat berdampak positif untuk lingkungan. Kegiatan pertanian perkotaan dapat mengubah pemikiran orang perkotaan menjadi lebih peduli lingkungan. Faedah lainnya masyarakat akan bisa memilah sampah, karena sampah organik bisa dipergunakan sebagai pupuk, dan sampah anorganik bisa dijual ke bank sampah.



Gambar 4. Menanam seledri di botol bekas secara vertikutur

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian memberikan perhatian khusus pada pemanfaatan lahan di perkotaan melalui Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL). Menurut Pedoman Umum Model KRPL yang dikeluarkan Kementerian Pertanian, rumah tangga dengan prinsip pemanfaatan pekarangan ramah lingkungan yang dirancang untuk pemenuhan kebutuhan pangan dan gizi, diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal, pelestarian tanaman pangan untuk masa depan, serta peningkatan pendapatan keluarga.



Gambar 5. Akuaponik termasuk salah satu urban farming di perkotaan.

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Dengan meningkatnya urbanisasi, pertanian ditantang untuk menyediakan pertanian lokal yang memadai, memproduksi makanan yang lebih industrial dan global. Menurut peneliti dari BPTP Jakarta, Dr. Yudi Sastro, S.P., M.P., pertanian perkotaan dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan dan kecukupan pangan.

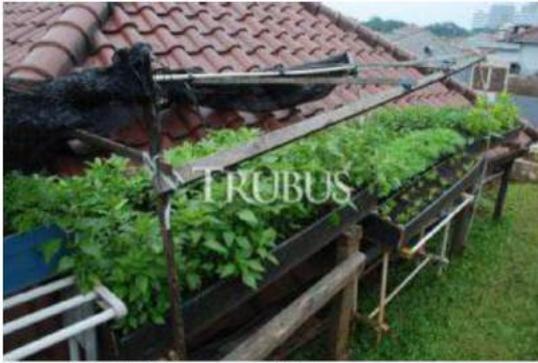


Gambar 6. Pilihan teknologi urban farming

Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Pertanian perkotaan merupakan salah satu program yang tepat untuk masyarakat perkotaan karena tidak memerlukan lahan luas, cepat panen, dan bisa memanfaatkan lahan sempit. Pemerintah daerah harus turut serta mensosialisasikan program *urban farming*, menampung aspirasi warga, serta meningkatkan peran serta masyarakat secara sosial, ekonomi dan budaya.

Yudi menambahkan, pemilihan teknik penanaman sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Bagi yang menginginkan penanaman mudah dan murah dapat menerapkan vertikultur atau penanaman di pot (polibag). “Masyarakat gemar menanam sayuran di halaman atau dak rumah.” ujar Yudi.



Gambar 7. Bertanam dilahan sempit
Sumber: Majalah Trubus Online, 29/11/2017

Beberapa menjadikannya bisnis yang dapat menambah penghasilan. Bila orientasinya bisnis dengan titik berat volume produksi yang tinggi, pilih saja hidroponik. Sementara bagi individu yang ingin mengefisienkan lahan bisa menerapkan akuaponik. Dengan akuaponik dapat memanen ikan dan sayuran sekaligus. Selain itu, masyarakat secara efektif mendukung keanekaragaman hayati, kesejahteraan ekosistem, ketahanan pangan dan ketahanan kota. (Marietta Ramadhani)

Lampiran 2:**Lembar Kerja 1**

Tujuan: Memberikan gambaran permasalahan dan memacu peserta didik untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut

Akuaponik: Solusi Produksi Pangan pada Lahan Terbatas

Isu kekhawatiran terhadap krisis lingkungan memang telah diprediksi sejak Malthus dengan postulatnya bahwa kemampuan penduduk untuk bertambah secara kuantitas adalah lebih besar dari kesanggupan sumber daya alam dalam menyediakan pangan sebagai kebutuhan pokok manusia. Menurutnya, secara matematis dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan penduduk akan mengikuti deret ukur, sedangkan pertumbuhan pangan mengikuti deret hitung. Pada gilirannya nanti, sumber daya alam tidak dapat lagi mendukung kebutuhan manusia. Namun Malthus tidak melihat bahwa manusia juga mempunyai akal pikiran yang juga dapat menciptakan teknologi untuk membantu kehidupan manusia.

Dewasa ini perkembangan penduduk di Indonesia terus meningkat, hal ini menyebabkan tuntutan permintaan lahan yang semakin meningkat pula dari tahun ke tahun. Luas lahan tidak mengalami penambahan secara berarti dan relatif stagnan bahkan berkurang, sehingga dapat dikatakan pertumbuhan penduduk dan luas lahan merupakan perbandingan terbalik. Permintaan lahan yang meningkat ini makin dirasakan tidak saja di perkotaan semata tetapi juga di daerah pedesaan, baik itu dipakai sebagai perluasan pemukiman, pembangunan pertokoan, pabrik, perluasan jaringan sarana dan prasarana umum lainnya. Dan pada akhirnya akibat dari semua ini, lahan pertanian produktif telah banyak beralih fungsi, termasuk di dalamnya lahan untuk pemeliharaan ikan dan persawahan/perkebunan.

Mengingat permasalahan tersebut, kiranya perlu ada suatu pilihan teknologi yang dapat diterapkan pada lahan dan sumber air terbatas. Salah satu upaya adalah dengan menerapkan sistem akuaponik. Akuaponik adalah suatu kombinasi sistem akuakultur dan budidaya tanaman, maksudnya yaitu ikan dan tanaman tumbuh dalam satu sistem yang terintegrasi, dan menciptakan suatu simbiotik antara keduanya.

Tantangan:

Tingginya tingkat urbanisasi menjadikan lahan pertanian berubah fungsi menjadi pemukiman, selain itu pencemaran lingkungan memperburuk kondisi sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas produksi pangan. Diskusikanlah dalam kelompok anda tentang cara alternatif meningkatkan produksi pangan dengan kondisi diatas.

Instruksi:

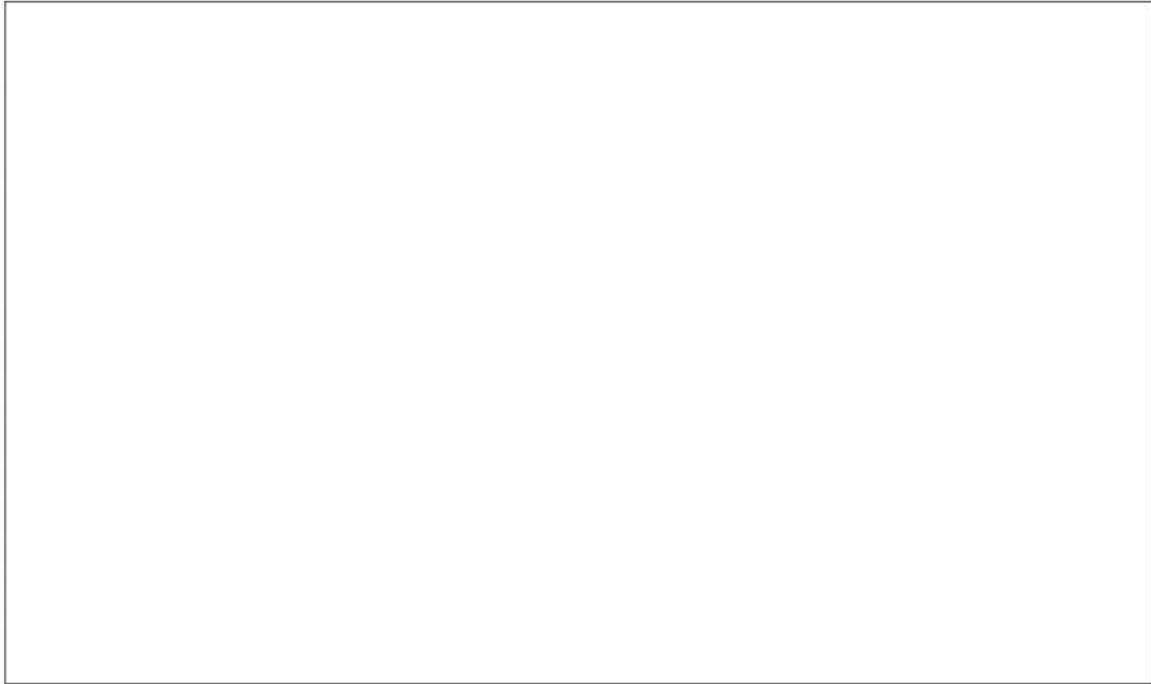
1. Solusi apakah yang dapat anda berikan untuk menjawab tantangan ini?
2. Gambarkanlah solusi yang anda ajukan tersebut!
3. Bagaimana rancangan solusi yang anda berikan?
4. Setiap bahan memiliki harga yang berbeda, anda hanya diberikan biaya sebesar Rp.100,000,- untuk membuatnya. Tulislah alat dan bahan yang diperlukan dan kisaran biaya yang dibutuhkan. Buatlah alat sesuai dengan rancangan yang telah dibuat lalu lakukan uji coba!

Lembar Kerja Proyek Akuaponik

Nama Tim:	Hari/Tanggal:
Anggota Tim:	Kelas
1)	
2)	
3)	
4)	
5)	

BAGIAN-1 (RANCANGAN)**Point-point Solusi Hasil Diskusi:**

Sketsa Rancangan Rangkaian: (*gambarlah secara rinci rancangan solusi yang diajukan*)



Daftar Alat dan Bahan: (*tuliskan secara lengkap jenis alat dan bahan yang diperlukan*)



BAGIAN-2

MEMBUAT RANCANGAN RANGKAIAN

Sumber air akuaponik :

1. Apakah tantangan yang anda hadapi dalam membuat rancangan yang diajukan ?

2. Perbaiki apa yang bisa dilakukan untuk menjawab tantangan yang dihadapi ?

BAGIAN-3**KOMPONEN AKUAPONIK****AIR**

1. Air merupakan medium utama dalam sistem akuaponik. Amati dan tuliskan hasil pengamatan dari komponen air yang digunakan pada proyek anda sehingga tanaman dan ikan dapat tumbuh dengan baik!

No.	Medium Air	Hasil Pengamatan	Keterangan
1.	Sumber		
2.	pH		
3.	Warna		
4.	Suhu		

KOMODITAS

1. Tanaman dan ikan adalah komoditas utama yang dikembangkan dalam sistem akuaponik. Tuliskan jenis dan jumlah komoditas yang digunakan beserta alasannya!

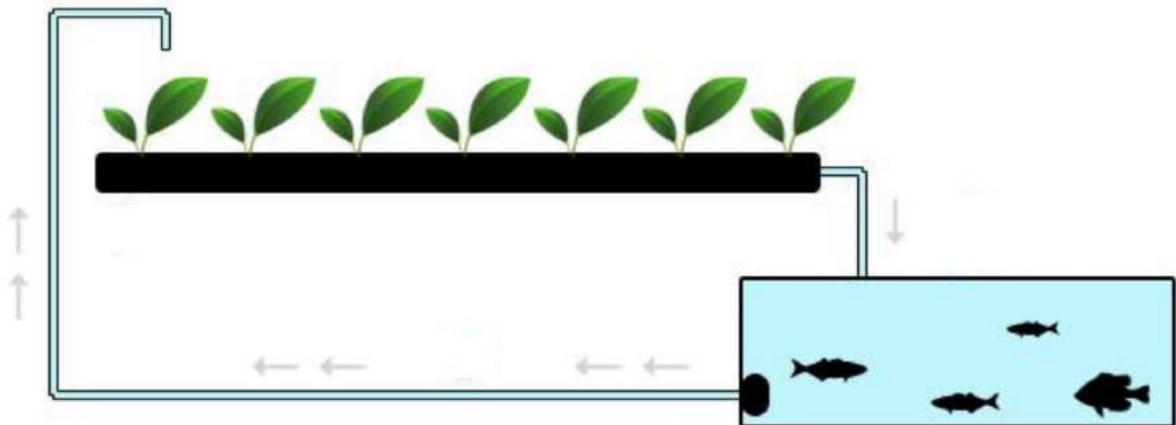
No.	Komoditas	Jenis	Jumlah	Alasan
1.	Tanaman			
2.	Ikan			
3.				
4.				

NUTRISI

1. Nutrisi adalah faktor yang berpengaruh terhadap hasil dari komoditas, tuliskan nutrisi yang digunakan dalam proyek akuaponik anda!

2. Apa saran yang bisa anda berikan untuk membuat rancangan yang diajukan menjadi lebih baik?

CONTOH PURWARUPA AKUAPONIK



Jl. Diponegoro 12 Bandung 40115, West Java, Indonesia

+62 22 421 8739 +62 22 421 8749

secretariat@qitepinscience.org www.qitepinscience.org

QITEP in Science @qitepinscience qitep_in_science Qitep in Science