

Pembelajaran Biologi

Berbasis Eksperimen Menggunakan Lalat Buah Lokal

Permasalahan pembelajaran biologi yang berbasis praktikum menjadi permasalahan yang kompleks, apalagi dimasa pandemic COVID 19 saat ini. Kehadiran buku ini yang memberikan inovasi pembelajaran biologi dengan memanfaatkan biodiversitas lokal dalam hal ini lalat buah dapat menjadi solusi ditengah permasalahan praktikum dalam pembelajaran biologi saat ini.

Buku ini dapat digunakan sebagai referensi pada perkuliahan genetika baik pada program S1 Pendidikan Biologi, S1 Biologi, S2 Pendidikan IPA dan S2 Biologi. Buku ini juga dapat menjadi referensi bagi guru dan praktisi Pendidikan dalam membelajarkan konsep konsep biologi di sekolah.

Penyajian yang sederhana, kontekstual dan mudah diaplikasikan diharapkan akan membantu pembaca memahami pembelajaran biologi secara komprehensif. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para siswa, mahasiswa, guru, dosen dan pembaca pada umumnya.

 **BINTANG**
PUSTAKA MADANI

Jl. Wonorejo KM 8.5, Sleman, Yogyakarta 57773
Telepon: 0274-4358369/WA: 085865342317
Email: redaksibintangpustaka@gmail.com
Website: bintangpustaka.com

ISBN 978-623-6209-77-6



9 786236 209776



Pembelajaran Biologi

Berbasis Eksperimen Menggunakan Lalat Buah Lokal



Mokosuli Yermia Semuel, Masje Wuarah,
Herry Maurits Sumampouw

Mokosuli Yermia Semuel, Masje Wuarah,
Herry Maurits Sumampouw

Pembelajaran Biologi

Berbasis Eksperimen Menggunakan
Lalat Buah Lokal



PEMBELAJARAN BIOLOGI

**BERBASIS EKSPERIMEN MENGGUNAKAN
LALAT BUAH ISOLAT LOKAL**

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK
CIPTA Lingkup
Hak Cipta

Pasal 1 Ayat 1 :

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

Ketentuan Pidana:

Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Pasal 114

Setiap Orang yang mengelola tempat perdagangan dalam segala bentuknya yang dengan sengaja dan mengetahui membiarkan penjualan dan/atau pengandaan barang hasil pelanggaran Hak Cipta dan/atau Hak Terkait di tempat perdagangan yang dikelolanya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10, dipidana dengan pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).

Mokosuli Yermia Samuel
Masje Wuarah
Herry Maurits Sumampouw

PEMBELAJARAN BIOLOGI

BERBASIS EKSPERIMEN MENGGUNAKAN
LALAT BUAH ISOLAT LOKAL

Diterbitkan Oleh



PEMBELAJARAN BIOLOGI
BERBASIS EKSPERIMEN MENGGUNAKAN LALAT BUAH
ISOLAT LOKAL

Penulis : Mocosuli Yermia Semuel
Masje Wuarah
Herry Maurits Sumampouw
Tata Letak : Ridwan Nur M
Desain Cover : Bintang W Putra

Penerbit:

Bintang Pustaka Madani

(CV. Bintang Surya Madani)

Anggota IKAPI Nomor: 130/DIY/2020

Jl. Wonosari Km 8.5, Dukuh Gandu Rt. 05, Rw. 08

Sendangtirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta 57773

Telp: 4358369. Hp: 085865342317

Email: redaksibintangpustaka@gmail.com

Facebook: Penerbit Bintang Madani

Instagram: @bintangpustaka

Website: www.bintangpustaka.com

www.pustakabintangmadani.com

Cetakan Pertama, April 2021

Bintang Pustaka Madani Yogyakarta

xv + 114 hal : 15.5 x 23 cm

ISBN : 9786236209776

Dicetak Oleh:

Percetakan Bintang 085865342319

Hak cipta dilindungi undang-undang

All right reserved

Isi di luar tanggung jawab percetakan



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, buku referensi ini dapat diselesaikan oleh Tim Penulis. Hasil penelitian secara bertahap melalui Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kemristekdikti dan Kemristek Brin, serta LPPM Universitas Negeri Manado, telah diramu oleh Tim penulis menjadi karya buku referensi yang saya yakin bermanfaat baik bagi mahasiswa, guru, dosen, dan peneliti bidang biologi khususnya dan praktisi Pendidikan umumnya. Buku referensi ini menjadi bukti upaya yang sungguh-sungguh dari para dosen sesuai bidang keilmuan yang patut diteladani. Dengan membumikan hasil penemuan lewat penelitian, diharapkan akan membangun sesama sesuai moto masyarakat Minahasa yang dikemukakan oleh Dr. G.S.S.J. Ratulangi yaitu «*Si tou timou tumou tou*» yang artinya: manusia baru dapat disebut sebagai manusia, jika sudah dapat memanusiaikan manusia lainnya.

Dalam semangat “Mapalus: bekerja bersama, bersama bekerja”, Tim Dosen sesuai bidang keahlian telah melahirkan buku referensi ini yang saya percaya bermanfaat bagi para pembaca. Apalagi dalam pembelajaran masa pandemi covid-19, praktikum menjadi masalah tersendiri yang butuh banyak inovasi dari para pendidik. Buku ini menjadi salah satu referensi bagaimana mengembangkan praktikum sebagai inti dari biologi dengan memanfaatkan biodiversitas lokal dan menunjang merdeka belajar.

Akhirnya, atas nama Rektor dan Civitas Universitas Negeri Manado, saya menyampaikan selamat kepada Tim Penulis : Prof. Dr. Herry Maurits Simanungkalit, MEd, Dr. Deitje Wurarah, MSi dan Dr. Yermia Samuel Mokosuit, SSi, MSi. Semoga karya yang baik ini disambut dengan sukacita dan menginspirasi para pembacanya.

Tondano, Mei 2021

Rektor Universitas Negeri Manado

Prof. Dr. Deitje A. Katuuk, MPd



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan terbitnya buku ini. Penyusunan buku ini berdasarkan hasil riset dari tim penulis dilengkapi pengalaman empiric sebagai dosen di jurusan biologi FMIPA Unima dalam membimbing mahasiswa S1 Pendidikan Biologi, S2 Pendidikan IPA dan S2 Biologi. Disamping itu, buku ini juga didasarkan pada kegiatan diseminasi program pengabdian masyarakat pada guru guru Biologi di Minahasa.

Permasalahan pembelajaran biologi yang berbasis praktikum menjadi permasalahan yang kompleks, apalagi dimasa pandemic COVID 19 saat ini. Kehadiran buku ini yang memberikan inovasi pembelajaran biologi dengan memanfaatkan biodiversitas lokal dalam hal ini lalat buah dapat menjadi solusi ditengah permasalahan praktikum dalam pembelajaran biologi saat ini.

Buku ini dapat digunakan sebagai referensi pada perkuliahan genetika baik pada program S1 Pendidikan Biologi, S1 Biologi, S2 Pendidikan IPA dan S2 Biologi. Buku ini juga dapat menjadi referensi bagi guru dan praktisi Pendidikan dalam membelajarkan konsep konsep biologi di sekolah.

Penyajian yang sederhana, kontekstual dan mudah diaplikasikan diharapkan akan membantu pembaca memahami pembelajaran biologi secara komprehensif. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para siswa, mahasiswa, guru, dosen dan pembaca pada umumnya.

Tondano, Mei 2021

Pakar Genetika & Pembelajaran Biologi

Prof. Dr. Endang Susantini, MPd

Guru Besar Universitas Negeri Surabaya



PRAKATA

Segala puji syukur dinaikkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas perkenannya sehingga kami dapat menyusun buku ini. Buku ini didasarkan pada penelitian, pembimbingan riset payungan dengan mahasiswa dan studi empirik pada guru guru di sekolah lewat kegiatan pengabdian masyarakat, juga diskusi dengan teman sejawat.

Salah satu permasalahan dalam pembelajaran biologi adalah pelaksanaan kegiatan praktikum. Praktikum atau melakukan eksperimen konsep dan prinsip dalam biologi menjadi mutlak oleh karena karakteristik biologi yang memang lahir dari eksperimen. Pembelajaran dengan eksperimen akan memberikan pengalaman belajar dengan retensi tinggi, menstimulasi metakognitif dan kreatifitas pembelajar.

Salah satu penyebab kurangnya kegiatan praktikum di sekolah adalah ketersediaan sarana dan prasarana praktikum serta masih kurangnya referensi bagi guru untuk memanfaatkan biodiversitas lokal sebagai media untuk kegiatan praktikum. Buku ini mengangkat hasil riset lalat buah isolat lokal dari level molekuler (barcoding molekuler lalat buah berdasarkan gen spesifik pada DNA mitokondria), analisis morfologi dan anatomi (fenotifik), analisis biokimia dan fisiologi serta ekologi dan pemanfaatan lalat buah bagi manusia.

Penggunaan lalat buah sebagai objek studi penelitian biologi berkembang dengan pesat saat ini. Mulai dari bidang biomedik, biologi

molekuler, genetika, biofisika sampai pada kajian nanoteknologi. Walaupun demikian lalat buah masih menjadi objek studi yang murah, mudah dan tersedia melimpah di alam dengan variasi genetik dan morfologi yang tinggi. Dalam buku ini diberikan alternatif pemanfaatan lalat buah sebagai objek studi mempelajari berbagai fenomena biologi. Diharapkan buku ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa S1 Biologi, S1 Pendidikan Biologi, S2 Biologi, S2 Pendidikan IPA, Guru dan pembaca umumnya.

Terima kasih tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang mendukung kami dalam penyusunan buku ini mulai dari teman teman sejawat dosen jurusan biologi, pimpinan jurusan dan program studi, pimpinan dan staf laboratorium Biologi FMIPA, guru guru Biologi SMA di Minahasa, para guru besar Biologi, Dekan dan Pimpinan Fakultas FMIPA, LPPM dan terkasih Ibu Rektor Universitas Negeri Manado, Prof. Dr. Deitje A. Katuuk, MPd. Terima kasih secara khusus pada dosen dan mahasiswa yang terhimpun dalam grup “Mapalus” Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Manado.

Buku ini masih terus di *update* karena penelitian masih terus dilakukan. Kritik dan saran sangat diharapkan demi menyempurnahkan isi buku ini dimasa mendatang.

Tondano, Mei 2021

Tim Penulis



Daftar isi

KATA PENGANTAR.....	v
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv

BAB 1

PENDAHULUAN.....	1
------------------	---

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA	5
1. Siklus Hidup Lalat Buah (<i>Drosophila</i> sp.)	21
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada siklus hidup <i>Drosophila</i> sp. diantaranya sebagai berikut:	24
2.3. Lalat Buah Sebagai Objek Studi Biologi	25
2.4. Mengapa <i>Drosophila</i> sangat berguna dalam kelas biologi?	37
2.5. Kegiatan Laboratorium Menggunakan Lalat Buah....	38

BAB 3

METODE PENELITIAN.....	51
3.1. Lokasi Penelitian.....	51

3.2. Alat dan Bahan.....	51
3.3. Metode Penelitian.....	52
3.3.1.Pembiakan Lalat Buah di Laboratorium	52
3.3.2.Analisis DNA lalat Buah.....	52
BAB 4	
ANALISIS DATA HASIL PENELITIAN	55
4.1. Analisis Fenotifik Morfometri Lalat Buah	55
4.2. Analisis DNA barcoding Lalat buah dari Minahasa ..	63
BAB 5	
PEMBAHASAN	69
5.1. Analisis DNA Barcoding Lalat Buah.....	69
5.2. Pengembangan Media Pembelajaran Hasil Analisis DNA Lalat Buah	73
5.3. Pembahasan.....	98
5.4. Penerapan Media Audio Visual Analisis DNA Lalat Buah Nenas di SMA.....	101
BAB 6	
PENUTUP	107
6.1. Kesimpulan.....	107
6.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	109
TENTANG PENULIS.....	112

Daftar Tabel

Tabel 1.	Karakteristik Umum Insekta	6
Tabel 2.1 :	Ciri-ciri perbedaan <i>Drosophila</i> sp. jantan & betina.....	20
Tabel 4.1 :	Analisis Morfometri Lalat buah isolate Minahasa	60
Tabel 4.2 :	Karakteristik Morfologi Lalat Buah (<i>Drosophila</i> sp.).....	61
Tabel 4.2	Komposisi PCR.....	64
Tabel 4.3	Hasil Analisis Tugas	76
Tabel 4.4	Data Kualitatif Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi.....	87
Tabel 4.5	Revisi Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi.....	89
Tabel 4.6	Data Kuantitatif Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi.....	91
Tabel 4.7	Data Kuantitatif Hasil Penilaian Ahli Media Pembelajaran	93
Tabel 4.8	Data Kuantitatif Hasil Penilaian Guru Mata Pelajaran	95
Tabel 4.9	Hasil Uji Kelompok Kecil.....	97
Tabel 10	Analisis hasil angket tanggapan siswa terhadap pembelajaran pada materi Substansi Genetika menggunakan media audio.....	106
Tabel 11	Tanggapan guru terhadap pembelajaran pada materi Substansi Genetika menggunakan media audio visual.....	107
Tabel 12	Rekapitulasi hasil penelitian efektivitas penerapan media audio visual.....	108

Daftar Gambar

Gambar 1.	Anatomi luar dari serangga	8
Gambar 2.	Klasifikasi Serangga	9
Gambar 3.	Daur hidup belalang	10
Gambar 4.	Perkembangan rayap dari fase telur sampai dewasa	11
Gambar 5.	Contoh hewan Hemiptera	13
Gambar 6.	Contoh hewan Homoptera.....	14
Gambar 7.	: Ukuran Tubuh <i>Drosophila</i> sp. Jantan & Betina (Borror, 1992).	20
Gambar 8.	: Siklus <i>Drosophila</i> sp. (Silvia, 2003)	21
Gambar 9.	: Lalat buah yang diukur menggunakan Mikroskop Digital Hirox KH8700	56
Gambar 10.	Morfologi Lalat buah	58
Gambar 11.	Pengaturan Kondisi PCR.....	64
Gambar 12.	Hasil Elektroforesis	65
Gambar 13.	Kromatogram Gen CO1 Lalat Buah.....	65
Gambar 14.	Hasil BLAST dalam Situs NCBI	67
Gambar 15.	Daftar Spesies Lalat Buah dalam <i>Gene Bank NCBI</i>	68
Gambar 16.	Imago lalat buah dari Nenas diamati dengan Stereromikroskop Hirox KH8700 x150.....	70
Gambar 17.	Elektrogram amplikon gen CO1 lalat buah dari nenas pada sumur 4 dan sumur 5.	71
Gambar 18.	Rekonstruksi Filogeni Lalat Buah Nenas Menggunakan Gen CO1	73
Gambar 19.	Konsep Materi DNA	75
Gambar 20.	Bagan Desain Media Pembelajaran.....	78

Gambar 21.	Tampilan Sajian Materi Tahapan Analisis DNA.....	80
Gambar 22.	Tampilan Sajian Materi Amplifikasi DNA	80
Gambar 23.	Tampilan Sajian Materi Elektrofesis	80
Gambar 24.	Tampilan <i>Countdown</i>	81
Gambar 25.	Tampilan Selamat Datang	82
Gambar 26.	Tampilan Pengertian Genetika	82
Gambar 27.	Tampilan Contoh Pewarisan Sifat.....	82
Gambar 28.	Tampilan Judul DNA.....	83
Gambar 29.	Tampilan SK & KD	83
Gambar 30.	Tampilan Tujuan Pembelajaran.....	84
Gambar 31.	Tampilan Judul Materi Kromosom Gen dan DNA	84
Gambar 32.	Tampilan Judul Materi Struktur DNA	85
Gambar 33.	Tampilan Judul Materi Replikasi DNA.....	85
Gambar 34.	Tampilan Judul Materi Analisis DNA.....	85
Gambar 35.	Tampilan Profil Penyusun.....	86
Gambar 36.	Tampilan Ucapan Terima Kasih.....	86

BAB 1

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang

Kelas Insekta atau lebih dikenal dengan serangga termasuk dalam filum Arthropoda. Kelas insekta menempati $\frac{3}{4}$ dari keseluruhan species hewan di Planet Bumi. Kemampuan adaptif yang tinggi sehingga dapat hidup pada berbagai jenis iklim di bumi. Lebih lanjut, serangga memiliki karakteristik unik yaitu siklus hidup yang pendek, ukuran tubuh yang kecil, system rangka luar (eksoskeleton), beberapa species bersifat hewan social dan eusosial, beberapa species melakukan proses koevolusi dengan tumbuhan, tidak membutuhkan ruang yang luas untuk hidup; dapat bersifat fitofag, kanibal, atau pemakan segala; merupakan beberapa factor yang menyebabkan serangga memiliki diversitas species terbesar di Planet Bumi (Mokosuli, 2018).

Dalam mempelajari biologi baik di perguruan tinggi, sekolah menengah maupun sekolah dasar, penggunaan objek makluk hidup sebagai media dalam pembelajaran lebih memiliki dampak yang baik

bagi pembelajar dibandingkan metode belajar yang lain. Sebagai bagian dari sains, biologi lahir dari observasi dan eksperimen oleh para ilmuwan. Dengan demikian belajar biologi dengan melakukan observasi dan eksperimen langsung akan lebih efektif dibandingkan dengan metode belajar apapun. Pembelajaran seperti ini berarti pembelajaran yang menerapkan cara belajar para ilmuwan yang melahirkan teori-teori dalam biologi. Pembelajaran ini juga melatih ketrampilan proses sains, kemampuan pemecahan masalah dengan pendekatan saintifik, kreatifitas dan inovasi pembelajar akan lahir secara alamiah. Pembelajar akan dibawah pada proses inkuiri dan discovery dalam mempelajari biologi sehingga setiap pembelajar akan memiliki pengalaman belajar yang lebih spesifik atau tidak sekedar mengulang.

Pengalaman tim penulis dalam praktek pembelajaran biologi baik di SMA maupun perguruan tinggi, pembelajaran biologi berbasis eksperimen sangat menstimulasi minat belajar. Bahkan menjadi testimoni dari mantan siswa, minat mereka melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi dipengaruhi oleh pengalaman belajar biologi berbasis eksperimen. Di jenjang perguruan tinggi, pembelajaran biologi berbasis eksperimen menstimulasi daya pikir mahasiswa, membawa mereka pada penemuan topik penelitian sebagai syarat penyelesaian studi.

Permasalahan yang muncul adalah bagaimana menyediakan objek studi biologi yang menyediakan kajian pada keseluruhan subjek studi biologi mulai dari level molekuler, organela, seluler, anatomi, morfologi, fisiologi dan ekologi. Disamping mampu menyediakan subjek atau bidang kajian biologi tersebut, diharapkan organisme yang dijadikan objek dalam pembelajaran juga tidak memiliki siklus hidup yang panjang dan mudah diperoleh atau dibiakkan. Salah satu species dalam kelas insekta yang memenuhi syarat tersebut adalah lalat buah (Sumampouw and Mocosuli, 2017; Wurarah and Mocosuli,

2019). Diversitas lalat buah dapat ditinjau dari species tanaman yang menjadi relung atau tempat beraktifitas hidup lalat buah, daerah atau wilayah tempat hidup berdasarkan altitude dan latitude dan variasi fenotifik (morfologi), genotifik (genetic), fisiologi serta perilaku lalat buah (Sumampouw et.al.2017).

Lalat buah mudah ditemukan diberbagai tempat. Dimana terdapat tanaman buah, maka akan ditemukan populasi lalat buah dalam jumlah besar. Berdasarkan penelitian sebelumnya, lalat buah memiliki preferensi berbeda terhadap berbagai jenis buah (Sumampouw et.al.2017). Lalat buah dari berbagai daerah di Minahasa dan dibudidayakan pada jenis buah yang berbeda memiliki karakteristik morfologi yang berbeda. Lalat buah isolate lokal Minahasa telah dikembangkan dan diteliti dilaboratorium biologi FMIPA Unima.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan : untuk mendapatkan karakteristik fenotifik (morfologi dan morfometri) lalat buah berdasarkan jenis buah dan asal daerah, mendapatkan karakteristik genotifik menggunakan barcode genetic DNA mitokondria untuk mengkonstruksi filogeni lalat berdasarkan jenis buah local Minahasa

Hasil penelitian selanjutnya dikembangkan menjadi bahan ajar dalam bentuk 1). Buku Ajar. 2). Buku Referensi : Kunci determinasi lalat buah yang dapat digunakan pada kegiatan pembelajaran biologi, buku rujukan studi morfologi, fisiologi, etiologi dan genetika lalat buah 3). Buku Panduan Kegiatan Pembelajaran Materi Genetika, 4). Panduan Praktikum. 5). Buku Instrumen Penilaian Berbasis Metakognitif

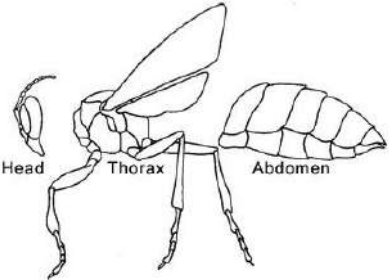




1.3. Urgensi (Keutamaan Penelitian)

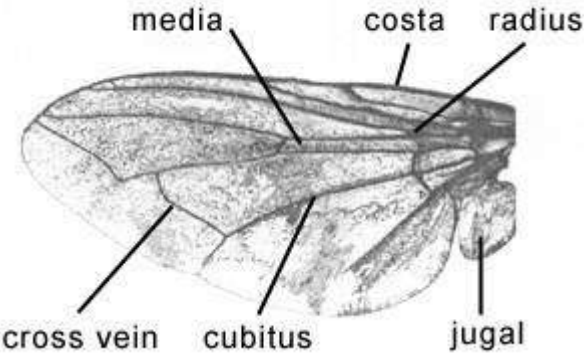
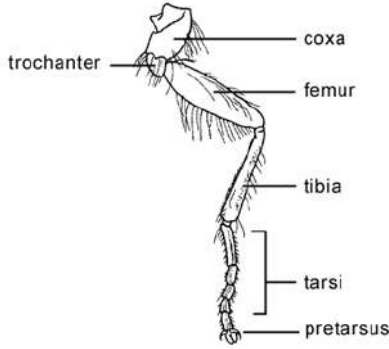
Tujuan utama pendidikan nasional adalah menghasilkan generasi muda bangsa yang menguasai ilmu pengetahuan, mampu berpikir dan bekerja ilmiah sehingga kelak akan peka dan kreatif memberdayakan potensi sumber daya alam Indonesia yang melimpah. Penelitian ini berakar dari observasi, pengalaman dan penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh tim peneliti yang tergabung dan berlatar belakang berbagai kelompok bidang keilmuan (KBK) biologi antara lain Pendidikan Biologi, Entomologi dan Biologi Molekuler. Harapan kami penelitian ini akan menghasilkan karya yang dapat berimplikasi nyata dan kontinu dalam bidang pembelajaran biologi khususnya materi biologi sel dan molekuler, genetika, morfologi dan ekologi.

**BAB
2****TINJAUAN PUSTAKA****2.1. Kelas Insekta**

Insecta sering disebut serangga atau heksapoda. Heksapoda berasal dari kata heksa berarti 6 (enam) dan podos berarti kaki. Heksapoda berarti hewan berkaki enam. Diperkirakan jumlah *insecta* lebih dari 900.000 jenis yang terbagi dalam 25 ordo. Hal ini menunjukkan bahwa banyak sekali variasi dalam kelas *insecta* baik bentuk maupun sifat dan kebiasaannya.

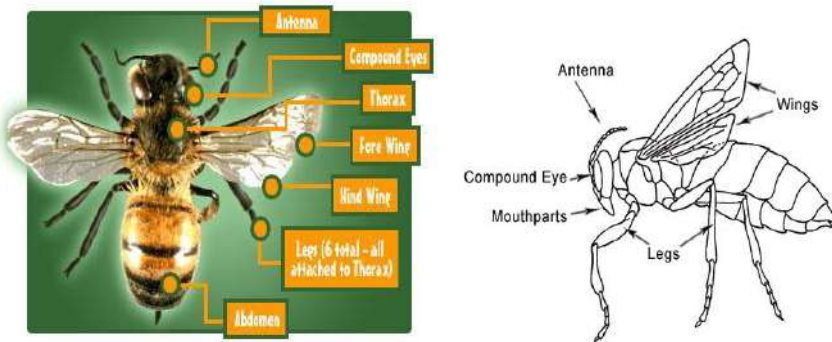
Tabel 1. Karakteristik Umum Insekta

No	Karakteristik
1	<p>Tubuh dapat dibedakan dengan jelas antara kepala, dada(toraks) dan perut (abdomen)</p>  <p>The diagram shows a side view of an insect with three distinct body regions. The head is on the left, the thorax is in the middle, and the abdomen is on the right. The head has antennae and compound eyes. The thorax has two pairs of wings and three pairs of legs. The abdomen is segmented and tapers towards the end.</p>
2	<p>Kepala memiliki :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Satu pasang mata facet (majemuk), mata tunggal (<i>ocellus</i>), dan satu pasang antena sebagai alat peraba - Alat mulut yang disesuaikan untuk mengunyah, menghisap, menjilat dan menggigit <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>a. Belalang (menggigit)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b. Lalat (menjilat)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>c. Kupu-kupu (menghisap)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d. Nyamuk (menusuk)</p> </div> </div>
3	<p>Bagian mulut ini terdiri atas rahang belakang (<i>mandibula</i>), rahang depan (<i>maksila</i>), dan bibir atas (<i>labrum</i>) serta bibir bawah (<i>labium</i>)</p>

4	<p>Dada (<i>thorax</i>) terdiri atas tiga ruas yaitu <i>prothorax</i>, <i>mesothorax</i> dan <i>metathorax</i>. Pada segmen terdapat sepasang kaki dan sayap</p>  <p style="text-align: center;">Struktur Umum Sayap serangga</p>
5	<p>Kaki atau disebut tungkai: berubah bentuk disesuaikan dengan fungsinya yakni:</p> <ol style="list-style-type: none"> kaki untuk menggali (anjing tanah) kaki untuk meloncat (belalang) kaki untuk berenang (kumbang air) kaki untuk pengumpul serbuk sari kaki untuk berjalan (kumbang tanah) kaki untuk memegang (belalang sembah)  <p style="text-align: center;">Struktur Umum Tungkai Serangga</p>

Pada setiap mesotoraks (*mesothorax*) dan metatoraks (*metathorax*) terdapat dua pasang sayap, tetapi ada pula yang tidak memiliki sayap.

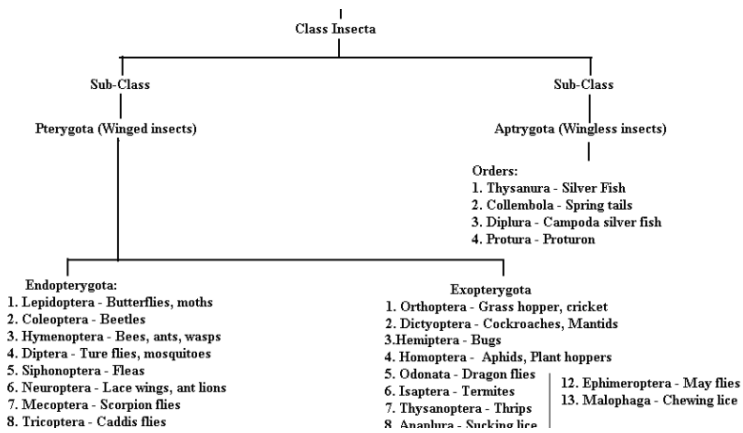
-	Perut (abdomen) memiliki sebelas (11) ruas atau beberapa ruas saja. Pada belalang betina, bagian belakang perut terdapat ovipositor yang berfungsi untuk meletakkan telurnya. Pada segmen pertama terdapat alat pendengaran atau membran tympanum.
-	Alat pencernaan terdiri atas: mulut, kerongkongan, tembolok, lambung, usus, rektum dan anus.
-	Sistem saraf tangga tali.
-	Sistem pernafasan dengan sistem trakhea.
-	Sistem peredaran darah terbuka.
-	Alat kelamin terpisah (jantan dan betina), pembuahan internal.
-	Tempat hidup di air tawar dan darat.
-	Umumnya serangga mengalami perubahan bentuk (metamorfosis) dari telur sampai dewasa.



Gambar 1. Anatomi luar dari serangga (<https://www.insectidentification.org/insect-anatomy.php>) ; https://extension.entm.purdue.edu/401Book/default.php?page=insect_anatomy

Klasifikasi (penggolongan) *Insecta* (serangga)

Serangga pada dasarnya dibagi menjadi dua sub klas yaitu apterygote (tidak bersayap), serangga primitive dan sub kelas pterygote (bersayap) (Gambar 2).



Gambar 2. Klasifikasi Serangga

<https://forestrypedia.com/classification-of-class-insecta-insects/>

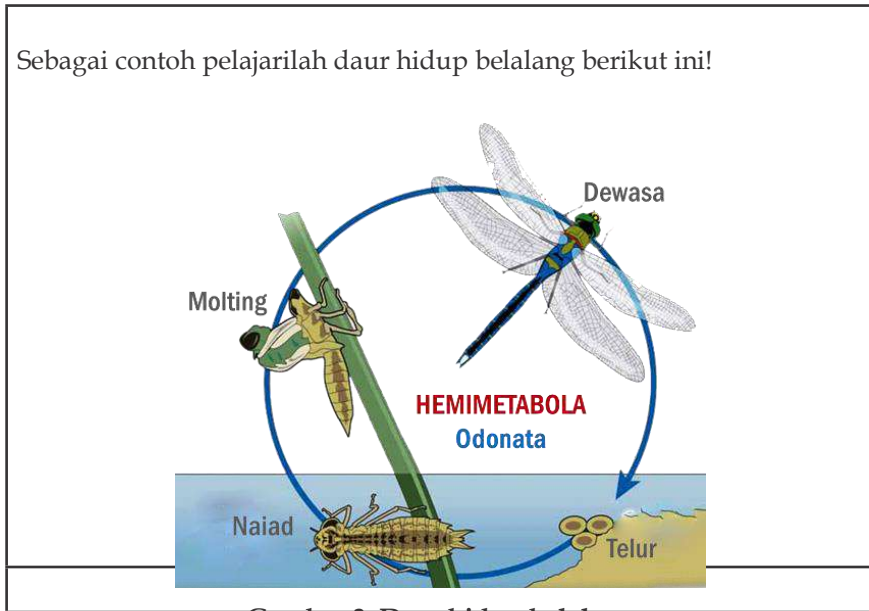
Pada sub kelas prerigota, dalam perkembangannya menuju dewasa mengalami metamorfosis. Metamorfosis adalah perubahan bentuk morfologi serangga mulai dari telur, larva sampai dewasa. Adapula serangga yang selama hidupnya tidak pernah mengalami metamorfosis, misal kutu buku (*Episma saccharina*). Berdasarkan metamorfisnya, serangga dibedakan atas dua kelompok, yaitu: *Hemimetabola* dan *Holometabola*.

Hemimetabola

Hemimetabola yaitu serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna. Siklus hidup *Hemimetabola*, serangga mengalami tahapan perkembangan sebagai berikut:

1.	Telur
2.	Nimfa, ialah serangga muda yang mempunyai sifat dan bentuk sama dengan dewasanya. Dalam fase ini serangga muda mengalami pergantian kulit.
3.	Imago (dewasa), ialah fase yang ditandai telah berkembangnya semua organ tubuh dengan baik, termasuk alat perkembangbiakan serta sayapnya.

Sebagai contoh pelajarilah daur hidup belalang berikut ini!



Gambar 3. Daur hidup belalang

Kelompok *Hemimetabola* meliputi beberapa ordo, antara lain:

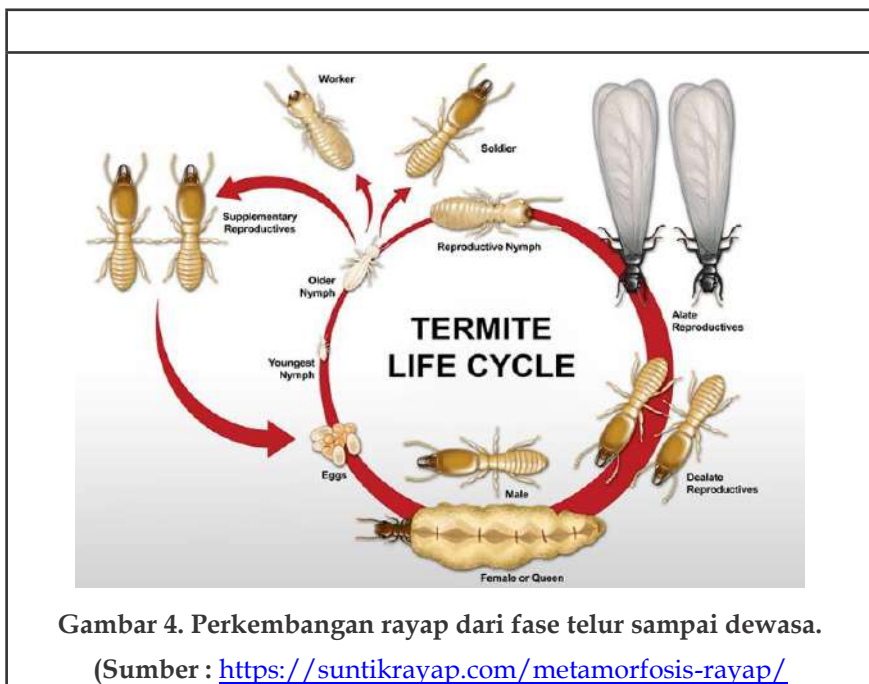
1. *Achiptera* atau *Isoptera*
2. *Orthoptera*
3. *Odonata*
4. *Hemiptera*
5. *Homoptera*

Karakteristik umum beberapa ordo utama pada serangga dapat dipelajari pada tabel berikut :

1. Ordo <i>Archiptera</i> atau <i>Isoptera</i>
Ciri-ciri ordo <i>Archiptera</i> :
- Metamorfosis tidak sempurna.
- Mempunyai satu pasang sayap yang hampir sama bentuknya. Kedua sayap tipis seperti jaringan.
- Tipe mulut menggigit. Contoh: <i>Reticulitermis flavipes</i> (rayap atau anai-anai)

Pada rayap terjadi *polimorfisme*, artinya di dalam satu spesies terdapat bermacam-macam bentuk dengan tugas yang berbeda. Rayap hidup berkoloni, dalam koloni ini terjadi pembagian tugas kerja, yaitu:

- Ratu, yakni laron (rayap betina fertil). Biasanya tubuh gemuk dan tugasnya adalah bertelur.
- Raja, yaitu laron (rayap jantan fertil), tugasnya melestarikan keturunan.
- Serdadu, rayap yang bertugas mempertahankan sarang dan koloni dari gangguan hewan lain.
- Pekerja, rayap yang bertugas memberi makan ratu dan raja, serta menjaga sarang dari kerusakan. Sifat rayap pekerja dan rayap serdadu bersifat steril.



Gambar 4. Perkembangan rayap dari fase telur sampai dewasa.

(Sumber : <https://suntikrayap.com/metamorfosis-rayap/>)

2. *Ordo Orthoptera* (serangga bersayap lurus)

2. *Ordo Orthoptera* (serangga bersayap lurus)

Ciri ciri

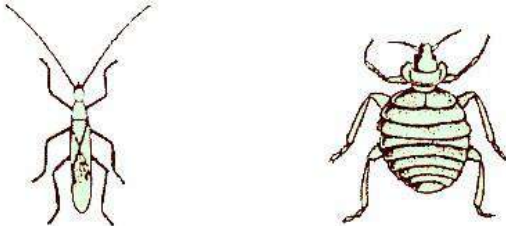
- Memiliki satu pasang sayap, sayap depan lebih tebal dan sempit disebut *tegmina*. Sayap belakang tipis berupa selaput. Sayap digunakan sebagai penggerak pada waktu terbang, setelah meloncat dengan tungkai belakangnya yang lebih kuat dan besar.
- Hewan jantan mengerik dengan menggunakan tungkai belakangnya pada ujung sayap depan, untuk menarik betina atau mengusir saingannya.
- Hewan betinanya mempunyai *ovipositor* pendek dan dapat digunakan untuk meletakkan telur.
- Tipe mulutnya menggigit.


Contoh :

- Belalang (*Dissostura sp*)
- Belalang ranting (*Bactrocoderma aculiferum*)
- Belalang sembah (*Stagmomantis sp*)
- Kecoak (*Blatta orientalis*)
- Gangsir tanah (*Grylotalpa sp*)
- Jangkrik (*Gryllus sp*)



Gambar 5. belalang

3.	Ordo Odonata	
	Ciri-ciri <i>Ordo Odonata</i> :	
	<ul style="list-style-type: none"> - Mempunyai dua pasang sayap - Tipe mulut mengunyah - Metamorfosis tidak sempurna - Terdapat sepasang mata majemuk yang besar - Antenanya pendek - Larva hidup di air - Bersifat karnivora 	
	Contohnya : <ul style="list-style-type: none"> - Capung (<i>Aeshna sp</i>) - Capung besar (<i>Epiophlebia</i>) 	
4.	Ordo Hemiptera (bersayap setengah)	
	Ciri-ciri <i>Hemiptera</i> :	
	-	Mempunyai dua pasang sayap, seperti selaput.
	-	Tipe mulut menusuk
	-	Metamorfosis tidak sempurna
	Contohnya : <ul style="list-style-type: none"> - Walang sangit (<i>Leptocorixa acuta</i>) - Kumbang coklat (<i>Podops vermiculata</i>) - Kutu busuk (<i>Eimex lectularius</i>) - Kepinding air (<i>Lethoverus sp</i>) 	
		
	Walang sangit	Kutu busuk
	Gambar 5. Contoh hewan Hemiptera	

5.	Ordo Homoptera (bersayap sama)
	Ciri-ciri <i>Homoptera</i> :
	- Tipe mulut mengisap - Mempunyai dua pasang sayap - Sayap depan dan belakang sama, bentuk transparan. - Metamorfosis tidak sempurna.
	Contohnya : - Tonggeret (<i>Dundubia manifera</i>) - Wereng hijau (<i>Nephotetix apicalis</i>) - Wereng coklat (<i>Nilaparvata lugens</i>) - Kutu kepala (<i>Pediculus humanus capitis</i>) - Kutu daun (<i>Aphid sp</i>)
	 <p style="text-align: center;">Kutu manusia Togeret padi Tongeret</p> <p style="text-align: center;">Gambar 6. Contoh hewan Homoptera</p>

Kelompok *Holometabola*



Holometabola yaitu serangga yang mengalami metamorfosis sempurna. Tahapan dari daur serangga yang mengalami metamorfosis sempurna adalah telur – larva – pupa – imago. Larva adalah hewan muda yang bentuk dan sifatnya berbeda dengan dewasa. Pupa adalah kepompong dimana pada saat itu serangga tidak melakukan kegiatan, pada saat itu pula terjadi penyempurnaan dan pembentukan organ. Imago adalah fase dewasa atau fase perkembangbiakan.

Berdasarkan ciri sayap dan alat mulutnya, kelompok *Holometabola* ini meliputi 6 ordo, yaitu ordo:

1. *Neuroptera*
2. *Lepidoptera*
3. *Diptera*

4. *Coleoptera*
5. *Siphonoptera*
6. *Hymenoptera*

Selanjutnya pelajari uraian tiap-tiap ordo dan dimulai dengan *ordo Neuroptera*.

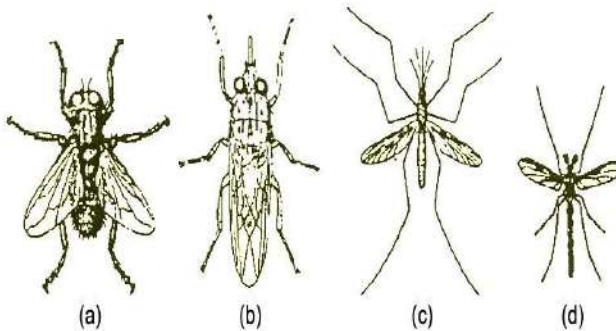
<p>1. Ordo Neuroptera (serangga bersayap jala)</p> <p>Ciri serangga ini adalah mulut menggigit, dan mempunyai dua pasang sayap yang urat-uratnya berbentuk seperti jala. Contoh: undur-undur – metamorfosis sempurna (siklus hidupnya: telur, larva, pupa (kepompong), imago)</p>
<p>2. Ordo Lepidoptera (bersayap sisik)</p> <p>Mempunyai 2 pasang sayap yang dilapisi sisik Metamorfosis sempurna, yaitu memiliki siklus hidup: telur – larva – kepompong (pupa) – imago Pupa pada <i>Lepidoptera</i> dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pupa mummi: bagian badan kepompong terlihat dari luar • Pupa kokon, bagian tubuh pupa terlindung kokon <p>Tipe mulut mengisap dengan alat penghisap berupa belalai yang dapat dijulurkan <i>Ordo Lepidoptera</i> dibagi menjadi 2 sub ordo:</p> <p>a. Sub <i>ordo Rhopalocera</i> (kupu-kupu siang) Contohnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hama kelapa (<i>Hidari irava</i>) - Hama daun pisang (<i>Erlonata thrax</i>) - Kupu-kupu pastur (<i>Papiliomemnon</i>) - Kupu sirama-rama (<i>Attacus atlas</i>) <p>b. Sub <i>ordo Heterocera</i> (kupu-kupu malam) Sering juga disebut ngengat. Hidup aktif pada malam hari. Jika hinggap kedudukan sayap mendarat membentuk otot. Contohnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ulat tanah (<i>Agrotis ipsilon</i>) - Ulat jengkol (<i>Plusia signata</i>) - Kupu ulat (<i>Pombyx mori</i>) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Kupu-kupu</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Ngengat</p> </div> </div>

3. Ordo Diptera (serangga bersayap dua buah/sepasang)

- Mempunyai sepasang sayap depan, dan satu pasang sayap belakang berubah menjadi alat keseimbangan yang disebut *halter*.
- Mengalami metamorfosis sempurna.
- Tipe mulut ada yang menusuk dan mengisap atau menjilat dan mengisap, membentuk alat mulut seperti belalai disebut probosis

Contohnya:

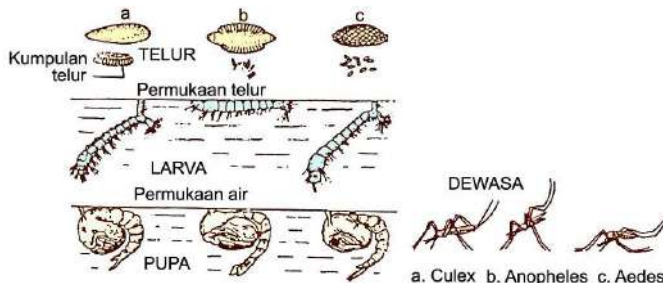
- Lalat (*Musca domestica*)
- Nyamuk biasa (*Culex natigans*)
- Nyamuk *Anopheles*
- *Aedes* (inang virus demam berdarah)



Macam-macam Diptera

(a) lalat rumah; (b) lalt tze-tze; (c) nyamuk kecil; (d) nyamuk

Untuk membedakan nyamuk *Culex*, *Anopheles* dan *Aedes* perhatikan gambar 23 berikut ini!



Perbedaan posisi larva dan pupa nyamuk di dalam air serta posisi nyamuk dewasa dalam keadaan hinggap

4. *Ordo Coleoptera* (bersayap perisai)

Mempunyai dua pasang sayap.

Sayap depan keras, tebal dan mengandung zat tanduk disebut dengan elitra, sayap belakang seperti selaput.

Mengalami metamorfosis sempurna.

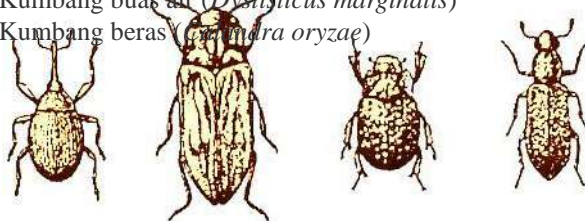
Tipe mulut menggigit.

Contoh :

Kumbang kelapa (*Oryctes rhinoceros*) menyerang pucuk kelapa, pakis, sagu, kelapa sawit dan lain-lain.

Kumbang buah sir (*Dystysticus marginalis*)

Kumbang beras (*Zealandia oryzae*)



5. *Ordo Siphonoptera* (bangsa pinjal)

Ciri ciri

Serangga ini tidak bersayap, kaki sangat kuat dan berguna untuk meloncat.

Mempunyai mata tunggal.

Tipe mulut mengisap.

Segmentasi tubuh tidak jelas (batasan antara kepala – dada dan perut tidak jelas)

Metamorfosis sempurna

Contoh :

Pinjal manusia (*Pubex irritans*)

Pinjal anjing (*Ctenocephalus canis*)

Pinjal kucing (*Ctenocephalus felis*)

Pinjal tikus (*Xenopsylla cheopis*), pinjal pada tikus dapat menularkan kuman pes / sampar.

6. *Ordo Hymenoptera* (bersayap selaput)

Mempunyai dua pasang sayap, tipis seperti selaput.

Tipe mulut menggigit.

Contoh :

Lebah madu (*Apis mellifera*)

Kumbang pengisap madu (*Xylocopa*) biasanya melubangi kayu pada bangunan rumah

Peranan *Insecta* dalam Kehidupan Manusia

Seperti halnya hewan-hewan invertebrata lainnya, *insecta* pun ada yang menguntungkan dan ada pula yang merugikan, diantaranya adalah:

Insecta yang menguntungkan :

- *Insecta* terutama golongan kupu-kupu dan lebah sangat membantu para petani karena dapat membantu proses penyerbukan pada bunga.
- *Insecta* dibudidayakan karena dapat menghasilkan madu. Misal: lebah madu (*Apis mellifera*).
- Dalam bidang industri, kupu-kupu, ulat sutera membuat kepompong yang dapat menghasilkan sutra (contoh: *Bombix mori*).
- Untuk dimakan, misal laron, gangsir dan larva lebah (tempayak) yang dapat diperoleh secara musiman.
- Merupakan mata rantai makanan yang amat penting bagi kehidupan.

Beberapa *insecta* yang merugikan antara lain

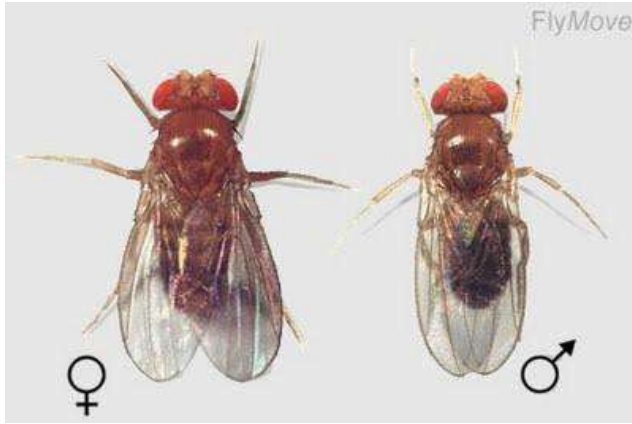
- Menularkan beberapa macam bibit penyakit seperti tikus, kolera dan disentri oleh lalat dan kecoak.
- Merusak tanaman budidaya manusia, misal: belalang, kumbang kelapa, ulat.
- Menyebabkan penyakit pada tanaman, misal: *Nilaparvata lugens* (wereng) menyebabkan penyakit virus tungro, belalang (walang sangit) yang mengisap cairan biji padi muda sehingga tanaman padi menjadi puso
- Parasit pada manusia (mengisap darah), misal: nyamuk, kutu kepala dan kutu busuk.
- Merusak bahan makanan yang disimpan (tepung kedelai) oleh berbagai *Coleoptera*, misal: kumbang beras.

- Serangga banyak yang hidup parasit pada ternak maupun ikan.
- Dapat merusak bahan bangunan, misal: kumbang kayu dan rayap.

2.2. Biologi Lalat Buah

Drossophila sp. adalah jenis serangga bersayap yang masuk ke dalam ordo diptera (bangsa lalat). Ciri-ciri umum dari *Drossophila* sp. diantaranya yaitu:

- 1) Warna tubuh kuning kecoklatan, dengan cincin berwarna hitam di tubuh bagian belakang.
- 2) Panjang tubuh antara 3-5 mm
- 3) Urat tepi sayap (*costal vein*) mempunyai 2 bagian yang teroutus putus dekat dengan tubuhnya
- 4) Sungut (*tipe arista*) umumnya berbentuk bulu, memiliki 7-12 percabangan
- 5) *Cross-vein* posterior umumnya lurus, tidak melengkung
- 6) Mata majemuk berbentuk bulat, agak elips dan berwarna merah
- 7) Terdapat mata ocelli pada bagian atas kepala dengan ukuran lebih kecil dibanding mata majemuk
- 8) Thoraks berbulu-bulu dengan warna dasar putih, sedangkan abdomen bersegmen lima dengan bergaris hitam
- 9) Sayap panjang, berwarna transparan, dan posisi bermula dari thoraks.



Gambar 7 : Ukuran Tubuh *Drosophila* sp. Jantan & Betina (Borror, 1992).

Sedangkan ciri-ciri perbedaan *Drosophila* sp. jantan dan betina dapat dilihat pada tabel berikut (Borror, 1992) :

Tabel 2.1 : Ciri-ciri perbedaan *Drosophila* sp. jantan & betina

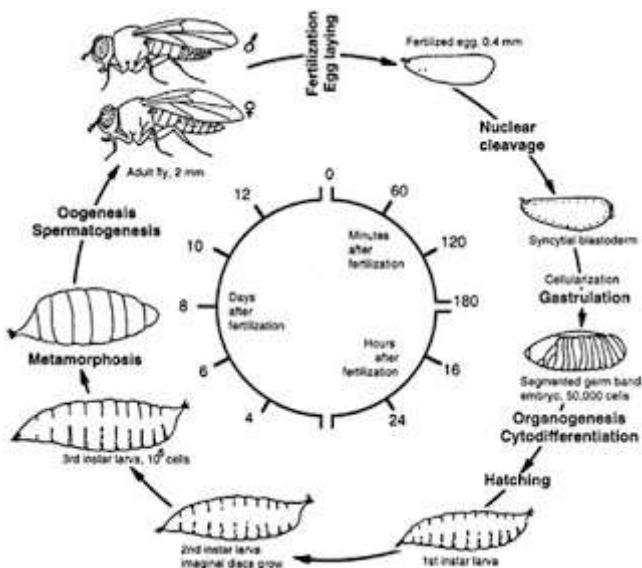
Jantan	Betina
1. Ukuran tubuh lebih kecil dari betina	1. Ukuran tubuh lebih besar dari jantan
2. Sayap lebih pendek dari sayap betina	2. Sayap lebih panjang dari sayap jantan
3. Terdapat sisir kelamin (sex comb)	3. Tidak terdapat sisir kelamin (sex comb)
4. Ujung abdomen tumpul dan lebih hitam	4. Ujung abdomen runcing

Klasifikasi dari *Drosophila sp.* (Borror, 1992):

Kingdom : Animalia
 Phylum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Diptera
 Famili : Drosophilidae
 Genus : *Drosophila*
 Spesies : *Drosophila sp.*

1. Siklus Hidup Lalat Buah (*Drosophila sp.*)

Metamorfosis pada *Drosophila* termasuk metamorfosis sempurna, yaitu dari telur – larva instar I – larva instar II – larva instar III – pupa – imago. Fase perkembangan dari telur *Drosophila sp.* dapat dilihat lebih jelas pada gambar di bawah ini.



Gambar 8 : Siklus *Drosophila sp.* (Silvia, 2003)

Perkembangan dimulai segera setelah terjadi fertilisasi, yang terdiri dari dua periode. Pertama, periode embrionik di dalam telur pada saat fertilisasi sampai pada saat larva muda menetas dari telur dan ini terjadi dalam waktu kurang lebih 24 jam. Dan pada saat seperti ini, larva tidak henti-henti untuk makan. Kedua yaitu periode setelah menetas dari telur dan disebut perkembangan postembrionik yang dibagi menjadi tiga tahap, yaitu larva, pupa, dan imago (fase seksual dengan perkembangan pada sayap). Formasi lainnya pada perkembangan secara seksual terjadi pada saat dewasa (Silvia, 2003).

Telur *Drosophila* berbentuk kecil bulat panjang dan biasanya diletakkan di permukaan makanan. Betina dewasa mulai bertelur pada hari kedua setelah menjadi lalat dewasa dan meningkat hingga seminggu sampai betina meletakkan 50-75 telur perhari dan mungkin maksimum 400-500 buah dalam 10 hari (Silvia, 2003). Telur *Drosophila* dilapisi oleh dua lapisan, yaitu satu selaput vitellin tipis yang mengelilingi sitoplasma dan suatu selaput tipis tapi kuat (Khorion) di bagian luar dan di anteriornya terdapat dua tangkai tipis. Korion mempunyai kulit bagian luar yang keras dari telur tersebut (Borrer, 1992). Larva *Drosophila* berwarna putih, bersegmen, berbentuk seperti cacing, dan menggali dengan mulut berwarna hitam di dekat kepala. Untuk pernafasan pada trakea, terdapat sepasang spirakel yang keduanya berada pada ujung anterior dan posterior (Silvia, 2003).

Saat kutikula tidak lunak lagi, larva muda secara periodik berganti kulit untuk mencapai ukuran dewasa. Kutikula lama dibuang dan integumen baru diperluas dengan kecepatan makan yang tinggi. Selama periode pergantian kulit, larva disebut instar. Instar pertama adalah larva sesudah menetas sampai pergantian kulit pertama. Dan indikasi instar adalah ukuran larva dan jumlah gigi pada mulut hitamnya. Sesudah pergantian kulit yang kedua, larva (instar ketiga) makan hingga siap untuk membentuk pupa. Pada tahap terakhir, larva instar ketiga merayap ke atas permukaan medium makanan

ke tempat yang kering dan berhenti bergerak. Sederhananya, pada *Drosophila*, destruksi sel-sel larva terjadi pada proses pergantian kulit (molting) yang berlangsung empat kali dengan tiga stadia instar: dari larva instar 1 ke instar II, dari larva instar II ke instar III, dari instar III ke pupa, dan dari pupa ke imago (Ashburner, 1985).

Selama makan, larva membuat saluran-saluran di dalam medium, dan jika terdapat banyak saluran maka pertumbuhan biakan dapat dikatakan berlangsung baik. Larva yang dewasa biasanya merayap naik pada dinding botol atau pada kertas tissue dalam botol. Pada tahap ini, larva akan melekatkan diri pada tempat kering dengan cairan seperti lem yang dihasilkan oleh kelenjar ludah dan kemudian membentuk pupa. Larva *Drosophila* membentuk cangkang, pupa tubuhnya memendek, kutikula menjadi keras dan berpigmen, tanpa kepala dan sayap disebut larva instar 4. Formasi pupa ditandai dengan pembentukan kepala, bantalan sayap, dan kaki. Puparium (bentuk terluar pupa) menggunakan kutikula pada instar ketiga. Pada stadium pupa ini, larva dalam keadaan tidak aktif, dan dalam keadaan ini, larva berganti menjadi lalat dewasa (Ashburner, 1985).

Struktur dewasa tampak jelas selama periode pupa pada bagian kecil jaringan dorman yang sama seperti pada tahap embrio. Pembatasan jaringan preadult (sebelum dewasa) disebut anlagen. Fungsi utama dari pupa adalah untuk perkembangan luar dari anlagen ke bentuk dewasa (Silvia, 2003). *Drosophila* sp. dalam satu siklus hidupnya berusia sekitar 9 hari. Setelah keluar dari pupa, lalat buah warnanya masih pucat dan sayapnya belum terbentang. Sementara itu, lalat betina akan kawin setelah berumur 8 jam dan akan menyimpan sperma dalam jumlah yang sangat banyak dari lalat buah jantan. Ujung anterior terdapat mikrophyle, tempat spermatozoa masuk ke dalam telur. Walaupun banyak sperma yang masuk ke dalam mikrophyle tapi hanya satu yang dapat berfertilisasi dengan pronukleus betina dan yang lainnya segera berabsorpsi dalam perkembangan jaringan embrio (Borror, 1992).

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada siklus hidup *Drosophila* sp. diantaranya sebagai berikut:

a. Suhu Lingkungan

Drosophila sp. mengalami siklus selama 8-11 hari dalam kondisi ideal. Kondisi ideal yang dimaksud adalah suhu sekitar 25-28°C. Pada suhu ini lalat akan mengalami satu putaran siklus secara optimal. Sedangkan pada suhu rendah atau sekitar 18°C, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan siklus hidupnya relatif lebih lama dan lambat yaitu sekitar 18-20 hari. Pada suhu 30°C, lalat dewasa yang tumbuh akan steril.

b. Ketersediaan Media Makanan

Jumlah telur *Drosophila* sp. yang dikeluarkan akan menurun apabila kekurangan makanan. Lalat buah dewasa yang kekurangan makanan akan menghasilkan larva berukuran kecil. Larva ini mampu membentuk pupa berukuran kecil, namun sering kali gagal berkembang menjadi individu dewasa. Beberapa dapat menjadi dewasa yang hanya dapat menghasilkan sedikit telur. Viabilitas dari telur-telur ini juga dipengaruhi oleh jenis dan jumlah makanan yang dimakan oleh larva betina (Shorrocks, 1972).

c. Tingkat Kepadatan Botol Pemeliharaan

Botol medium sebaiknya diisi dengan medium buah yang cukup dan tidak terlalu padat. Selain itu, lalat buah yang dikembangbiakan di dalam botol pun sebaiknya tidak terlalu banyak, cukup beberapa pasang saja. Pada *Drosophila* sp. dengan kondisi ideal dimana tersedia cukup ruang (tidak terlalu padat) individu dewasa dapat hidup sampai kurang lebih 40 hari. Namun apabila kondisi botol medium terlalu padat akan menyebabkan menurunnya produksi telur dan meningkatnya jumlah kematian pada individu dewasa.

d. Intensitas Cahaya

Drosophila sp. lebih menyukai cahaya remang-remang dan akan mengalami pertumbuhan yang lambat selama berada di tempat yang gelap.

2.3. Lalat Buah Sebagai Objek Studi Biologi

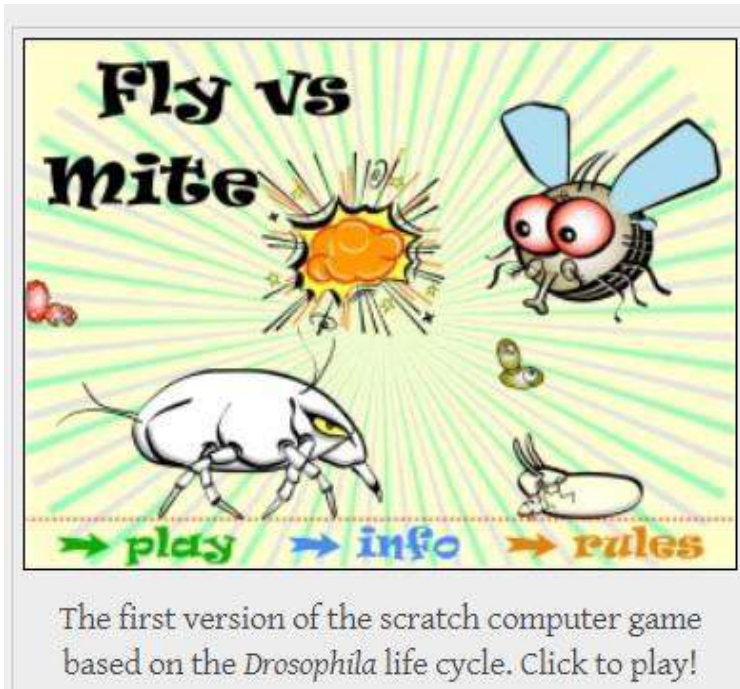
Banyak cara lalat dapat digunakan sebagai objek atau media pembelajaran di sekolah. Beberapa contoh penggunaan lalat buah dalam pembelajaran biologi diuraikan berikut :

1) Siklus hidup lalat buah

Siklus hidup *Drosophila* dapat dibuat dalam bentuk animasi dan dibuat menarik untuk siswa sekolah dasar dalam mempelajari karakteristik kehidupan. Pengajaran siklus hidup di sekolah dasar sering dilakukan dengan metamorfosis berudu menjadi katak atau ulat menjadi kupu-kupu, namun membuat contoh tersebut secara real time membutuhkan waktu yang lama karena durasi siklus hidup kupu-kupu dan katak lebih panjang dibandingkan lalat buah. Dengan lalat, hal ini dapat dilakukan dalam sehari karena semua bentuk/stadia kehidupan tersedia kapan saja, dan seluruh siklus hidup dapat dialami secara real time selama kurang dari dua minggu. Dalam pembelajaran dengan pendekatan project based learning tentunya penggunaan lalat buah khususnya proses metamorfosis akan memberikan pengalaman belajar yang dalam bagi siswa sekolah dasar. Negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Finlandia, Inggris dan negara-negara Eropa lainnya telah mempraktekkan kegiatan belajar ini, dan terbukti mampu meningkatkan pemahaman dan motivasi siswa terhadap konsep dasar kehidupan.

2) *Drosophila* dan pemrograman komputer

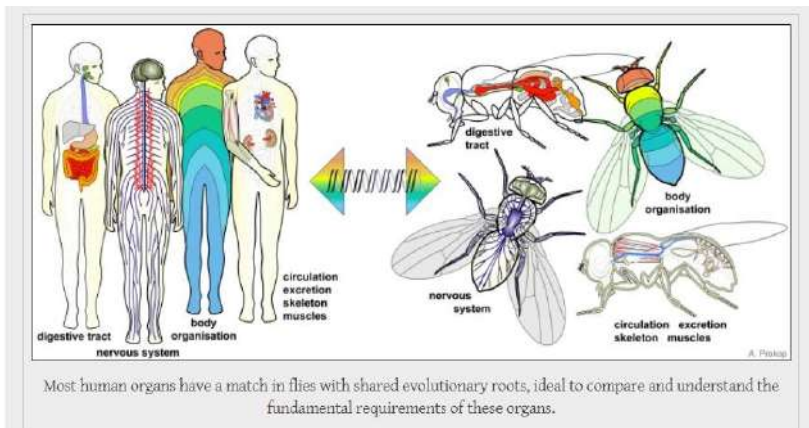
Siklus hidup lalat buah dapat dikembangkan menjadi software game computer untuk menarik minat belajar siswa. Berikut contoh penggalan game computer berbasis siklus hidup lalat buah. Pengembangan lalat buah khususnya siklus hidup lalat buah dalam bentuk game computer bisa melibatkan mahasiswa biologi dan mahasiswa teknologi informasi. Diskusi mendalam akan menghasilkan produk game computer untuk pembelajaran yang menarik bagi siswa saat ini dimana siswa sekolah dasar sampai menengah atas saat ini tergolong dalam generasi google. Siswa saat ini sangat dengan peralatan yang berbasis computer dan gaming.



<https://scratch.mit.edu/projects/74443210/>

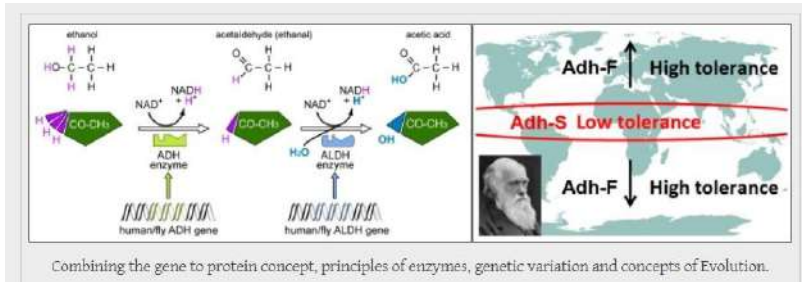
3) Fungsi utama organ hewan : web based learning

Persyaratan fisiologis untuk kehidupan begitu mendasar sehingga sebagian besar organ kita memiliki akar evolusi yang sama. Oleh karena itu, cara yang aktif dan efektif untuk mempelajari tentang organ kita adalah dengan mengeksplorasi kesamaannya dengan organ organisme lain. Strategi ini dapat memanfaatkan pengetahuan luas yang kita miliki tentang jaringan dan organ *Drosophila*. Objek pembelajaran dapat dikemas dalam bentuk web based learning sehingga mudah diakses pembelajar. Sebagai contoh yang dikembangkan oleh <https://scratch.mit.edu/projects/74443210/> berikut :



4) Genetika metabolisme alkohol

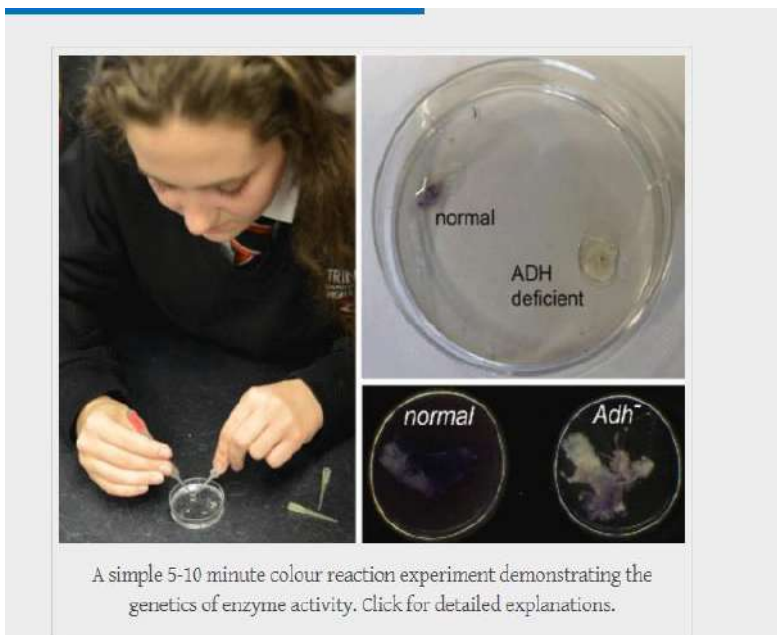
Lalat buah dapat digunakan dalam mempelajari konsep abstrak dalam biologi. Menggabungkan konsep gen dengan protein, prinsip enzim, variasi genetik dan konsep Evolusi.



Pelajaran ini dikembangkan sepenuhnya, diuji dengan delapan puluh siswa Kelas 13 (satu kelas berprestasi tinggi, dua kelas kemampuan campuran, satu kelas pendukung), file PowerPoint dengan materi adjoint tersedia secara online (Sumber daya 1a, e, 3b) dan halaman web khusus tersedia untuk mendukung tugas revisi dan pekerjaan rumah (Sumber daya 1e). Ini adalah pelajaran akhir tahun sinoptik yang sangat baik yang menetapkan hubungan konseptual antara setidaknya tujuh spesifikasi biologi yang relevan dengan kurikulum. Termasuk dalamnya konsep fermentasi, konsep gen ke protein (ekspresi gen), fungsi enzim, farmakologi dan pembelajaran asosiatif, variasi genetik, dan prinsip evolusi.

Siswa membedah belatung lalat normal dan yang kekurangan alkohol dehidrogenase dan menggunakan reaksi warna untuk menilai kemampuan belatung untuk memetabolisme alkohol. Mereka mengamati efek konsumsi alkohol pada lalat normal dan mutan. Pelajaran ini dikembangkan sepenuhnya, diuji dengan delapan puluh siswa Kelas 13 (satu kelas berprestasi tinggi, dua kelas kemampuan campuran, satu kelas pendukung), file PowerPoint dengan materi adjoint tersedia secara online (Sumber daya 1a, e, 3b) dan halaman web khusus tersedia untuk mendukung tugas revisi dan pekerjaan rumah (Sumber daya 1e).

Ini adalah pelajaran akhir tahun sinoptik yang sangat baik yang menetapkan hubungan konseptual antara setidaknya tujuh spesifikasi biologi yang relevan dengan kurikulum. Ini termasuk fermentasi, konsep gen ke protein, fungsi enzim, farmakologi dan pembelajaran asosiatif, variasi genetik, dan prinsip evolusi. Siswa membedah belatung lalat normal dan yang kekurangan alkohol dehidrogenase dan menggunakan reaksi warna untuk menilai kemampuan belatung untuk memetabolisme alkohol. Mereka mengamati efek konsumsi alkohol pada lalat normal dan lalat mutan, dan mereka membandingkan alel berbeda dari gen *Adh* dengan menerjemahkan kode DNA mereka menjadi RNA dan protein. Pelajaran ini menawarkan peluang bagus untuk mencapai diferensiasi dan untuk membahas relevansi sosial alkohol dan penyalahgunaan alkohol.



sumber : <https://scratch.mit.edu/projects/74443210/>

- 5) Menerapkan statistik untuk tes kinerja lalat muda versus lalat tua

Sirkuit Motorneuron-2

Penyakit neurodegeneratif (ND) menghancurkan sel-sel saraf yang membentuk “kabel” yang menghubungkan tubuh kita. Beberapa ND terutama mempengaruhi sel-sel saraf yang dibutuhkan untuk pergerakan tubuh, seperti yang diilustrasikan di sini. Belajar menggambar grafik dan menggunakan lembar kerja menggunakan data yang diperoleh dari lalat hidup di dalam kelas.

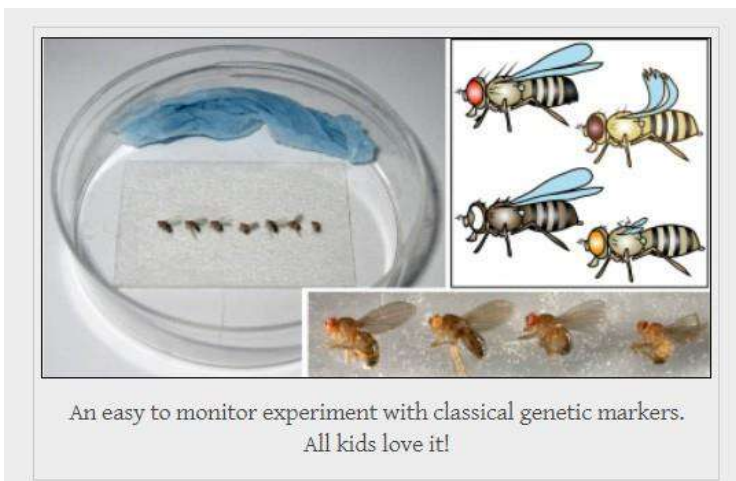
Pelajaran ini juga tersedia sebagai sumber daya online disertai dengan 5 halaman web khusus (Sumber daya 1a, d, 3a). Itu diujikan pada enam puluh siswa Kelas 9. Ini menggunakan eksperimen berbiaya rendah dan mudah disiapkan yang dikenal sebagai “tes “: dua kelompok lalat (remaja berusia satu minggu versus lansia berusia lima minggu) diketuk dalam dua botol paralel dan diberi waktu 15 detik untuk memanjat kembali ke atas, pada saat mana gambar diambil. Siswa kemudian menentukan sejauh mana sepuluh lalat individu di setiap vial telah memanjat pada skala 0 sampai 10, biasanya menemukan bahwa lalat muda menunjukkan kinerja motorik yang jauh lebih baik. Ini kemudian digunakan untuk menggambar grafik, memahami pentingnya nomor sampel, dan belajar menerapkan statistik. Untuk menggambarkan relevansi, konsep penuaan dan neurodegenerasi diperkenalkan disertai dengan lembar aktivitas, dan contoh diberikan tentang bagaimana uji pendakian digunakan selama penelitian penuaan dan neurodegenerasi pada lalat.

<https://youtu.be/IVjAogbFmDI>

6) Genetika klasik

Eksperimen yang mudah dipantau dengan penanda genetik klasik. Selama pelajaran ini, siswa belajar tentang genetika klasik dan penggunaan praktis dari mutasi penanda yang diterapkan di laboratorium penelitian kontemporer (termasuk kotak Punnett). Untuk ini, mikroskop diseksi berbiaya rendah yang sangat baik dapat digunakan, dan kami mengembangkan aktivitas sederhana di mana keberhasilan siswa dalam mengidentifikasi penanda mudah dipantau.

Lebih lanjut, pelajaran ini memberikan wawasan tentang proses penemuan ilmiah (bagaimana ditemukan bahwa gen terletak pada kromosom), dan bagaimana hal ini membantu memahami fenomena biologis pada manusia, seperti kecenderungan pria terhadap buta warna. Jika lalat transgenik diizinkan di halaman sekolah, penanda genetik modern juga dapat digunakan, khususnya strain lalat yang mengandung protein fluoresen hijau. Dengan menggunakan lampu fluoresen genggam sederhana dengan kamera terintegrasi, organ berkilau dapat diamati hidup di belatung ini.

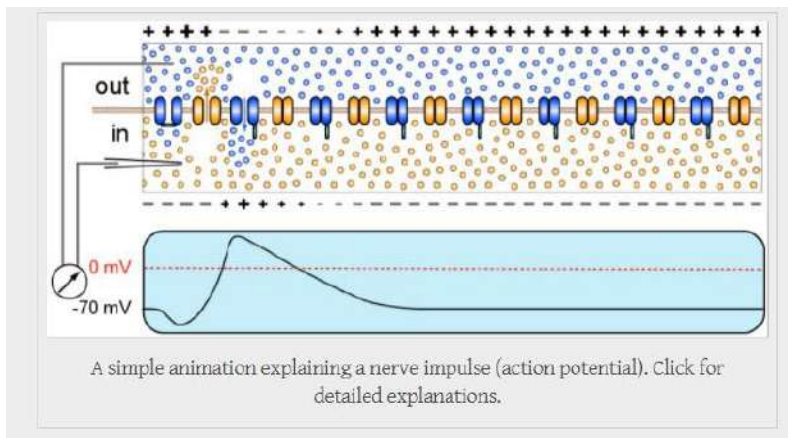
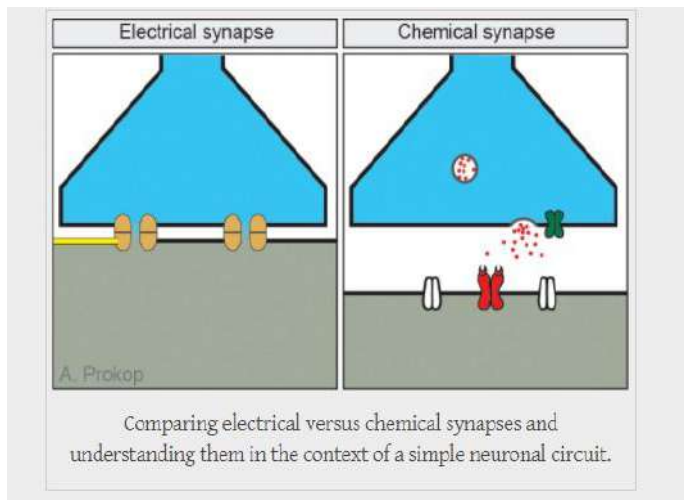




7) Prinsip dasar sistem saraf sinapsis

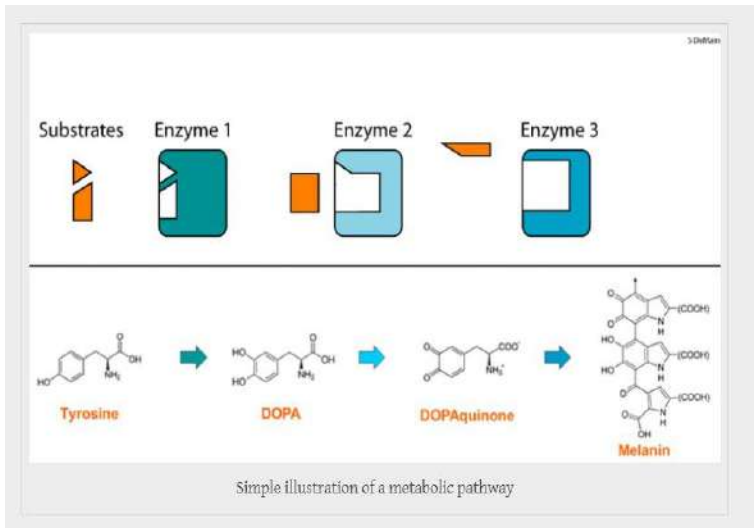
Membandingkan sinapsis listrik versus kimia dan memahaminya dalam konteks rangkaian saraf sederhana. Pelajaran ini belum menjadi sumber daya, meskipun beberapa penjelasan tentang isinya sudah dapat dilihat di bawah tab “L3-Neurons” di situs [droso4schools](#). Ini dimulai dengan permintaan sederhana: “Putuskan untuk menekuk atau meregangkan lengan Anda! Apa yang terjadi di tubuh Anda?”. Contoh sederhana ini membentuk alur cerita yang kuat yang memperkenalkan prinsip-prinsip kabel sistem saraf, impuls saraf (potensi aksi), dan kerja sinapsis. Misalnya, strategi “5 langkah menuju potensi tindakan” kami sangat berhasil dengan siswa yang sudah berada di tahap GCSE. Pelajaran selanjutnya mengilustrasikan konsep dan penerapannya dengan menjelaskan cedera tulang belakang dan epilepsi, yang diilustrasikan dengan menggoyangkan lalat epilepsi hingga kejang. Ini menggambarkan kekuatan sinapsis dengan sedikit eksperimen di mana lalat menjadi lumpuh melalui pemanasan hingga mencapai suhu tubuh, memperkenalkan juga teknologi

dan strategi mutakhir yang digunakan untuk mempelajari sistem saraf. Jika alat transgenik diizinkan di halaman sekolah, kami memiliki eksperimen sederhana untuk penggunaan opto- atau termo-genetika mutakhir (menggunakan cahaya atau suhu untuk memanipulasi sel saraf dan perilaku lalat; lihat ceramah TED ini).



8) Jalur metabolisme: menyelidiki biologi & kimia pigmentasi

Konsep kimia pigmentasi dapat dipelajari menggunakan lalat buah. Dimulai dengan fenomena warna kulit manusia, kelebihan dan kekurangan kulit gelap dan terang, yang mungkin menjelaskan mengapa penyebarannya berbeda di seluruh dunia. Dengan mengidentifikasi melanin sebagai pigmen yang bertanggung jawab, pelajaran ini menimbulkan pertanyaan bagaimana molekul organik kompleks dapat diproduksi, mengarah ke enzim, dan jalur enzimatik / metabolik. Prinsip-prinsip dasar dari jalur ini dijelaskan, dan kemudian pigmentasi mata *Drosophila* diperkenalkan sebagai contoh untuk menggambarkan bagaimana genetika dan biokimia digunakan dalam kombinasi untuk mengurai jalur metabolisme. Untuk ini, murid diberi hasil kromatografi lalat normal dan lalat mutan yang menunjukkan perubahan warna mata mereka dan melatih enzim yang terpengaruh oleh mutasi tersebut. Pemahaman ini kemudian dikaitkan kembali dengan pertanyaan awal pigmentasi kulit manusia: (1) pertama membandingkan dan membedakan jalur metabolisme mata lalat dan pigmen kulit manusia, kemudian (2) memahami bagaimana warna kulit dapat diubah sebagai hasil dari perubahan genetik jalur metabolisme dan, akhirnya, (3) bagaimana proses seleksi evolusioner dapat menjelaskan perbedaan distribusi warna kulit di seluruh dunia. Sumber daya ini disertai dengan lembar kerja untuk analisis kromatografi dan pekerjaan rumah yang merekapitulasi beberapa area pelajaran dan seterusnya, tetapi juga membantu siswa merevisi dan mengkonsolidasikan pengetahuan dari beberapa area.

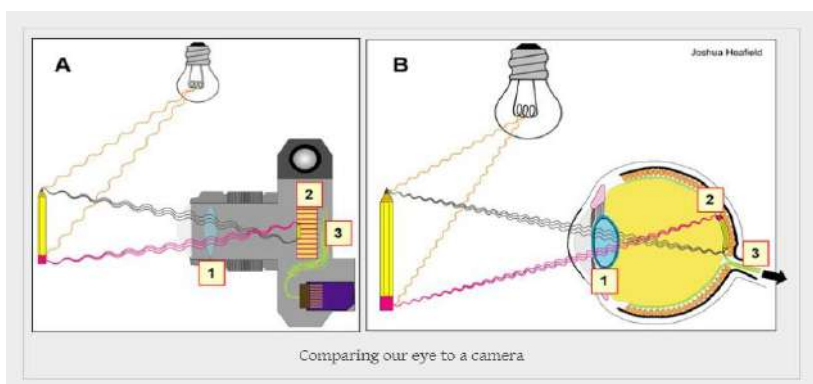


9) Visi: Memahami persepsi cahaya

Pelajaran dimulai dengan mengingat kembali pengetahuan dasar tentang indera kita, dengan penekanan pada informasi visual yang diperoleh dari lingkungan kita. Ini kemudian berfokus pada cahaya dan persepsi cahaya, dimulai dengan sifat fisik cahaya tampak sebagai sebagian kecil dari spektrum gelombang elektromagnetik yang luas, yang diperkenalkan melalui animasi PowerPoint interaktif singkat. Pertanyaan yang diajukan adalah mengapa kita hanya melihat bagian spektrum yang sempit ini, memberikan asal usul evolusi kita di lautan sebagai penjelasan yang mungkin karena cahaya tampak sedikit diserap oleh air dan menjangkau cukup jauh ke dalam. Pelajaran tersebut kemudian menjelaskan prinsip melihat suatu objek dengan refleksi (juga memperkenalkan model warna subtraktif), dan memperkenalkan anatomi mata dengan membandingkan mata lensa dengan kamera. Dalam pendekatan komparatif, mata lensa dibandingkan dengan mata majemuk lalat buah *Drosophila* (seperti yang biasanya ditemukan pada arthropoda, seperti serangga, krustasea,

arakhnoida). Untuk kedua jenis mata, gagasan persepsi di mata dan konduksi ke otak untuk pemrosesan informasi dijelaskan.

Topik berikutnya adalah fototransduksi (yaitu transformasi cahaya menjadi impuls saraf). Ini dimulai dengan stereoisomerisasi retinal yang tertanam dalam opsin dan selanjutnya memicu jalur pensinyalan yang akhirnya memunculkan impuls saraf yang dikirim ke otak. Proses ini dieksplorasi dengan menggunakan animasi yang diinterpretasikan oleh siswa selangkah demi selangkah. Sebuah eksperimen mikro menggunakan *Drosophila* untuk mengeksplorasi ide fototaksis positif (gerakan menuju cahaya) sebagai ukuran untuk mengeksplorasi warna cahaya tampak apa yang dapat dirasakan oleh hewan. Kemudian lalat mutan tanpa tujuh dan tes pelat Ishara digunakan untuk memperkenalkan gagasan buta warna. Konsep dasar sel kerucut dengan tiga opsin warna berbeda diperkenalkan bersama dengan model warna aditif dan gagasan mutasi yang mempengaruhi gen opsin. Akhirnya, kebutaan merah-hijau digunakan sebagai contoh pewarisan kromosom-X, juga mengingatkan penggunaan kotak Punnett.



2.4. Mengapa *Drosophila* sangat berguna dalam kelas biologi?

Ada dua keuntungan penting untuk menggunakan *Drosophila* di ruang kelas, khususnya (1) keluasaan dan kedalaman pemahaman konseptual biologi dengan cepat, dan (2) fakta bahwa lalat secara unik cocok untuk percobaan langsung di sekolah.

Lalat disimpan dalam botol kecil dengan sedikit makanan di dasarnya: ideal untuk dipelihara bahkan di sekolah.

Pemahaman konseptual: Satu abad penelitian mutakhir telah mengubah *Drosophila* menjadi organisme model hewan yang paling dipahami secara konseptual yang kami miliki hingga saat ini. Ini tidak hanya mengajarkan kita tentang bagaimana gen diatur pada kromosom dan aturan pewarisan, tetapi juga konsep dasar perkembangan, fungsi sistem saraf, sistem kekebalan, jam biologis dan jet lag kita, evolusi dan genetika populasi, genetika pembelajaran, prinsip-prinsip sel induk, dan bahkan mekanisme penyakit termasuk kanker dan neurodegenerasi. Tapi bagaimana ini membantu di ruang kelas?

Luasnya topik biologi yang diselidiki pada lalat menyediakan bahan ajar potensial untuk berbagai spesifikasi biologi yang relevan dengan kurikulum, mulai dari genetika klasik hingga teknologi gen, ekspresi gen, enzim, neurobiologi, dan bahkan evolusi dan perilaku. Banyaknya volume pengetahuan di masing-masing bidang tersebut memberikan banyak contoh, eksperimen, anekdot, dan fakta yang dapat digunakan untuk mengilustrasikan dan membuat pelajaran menjadi lebih menarik dan menghibur. Kedalaman dan detail pemahaman konseptual lalat memudahkan pengajaran, berdasarkan alasan sederhana bahwa mengajar semakin mudah semakin baik isinya dipahami.

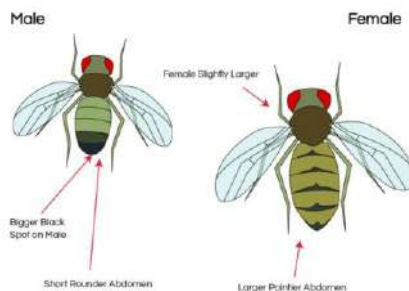
Eksperimen langsung: Menggunakan dan membiakkan lalat di sekolah-sekolah sangatlah mudah, murah, dan etis tidak bermasalah, dan ada banyak eksperimen sederhana yang dapat dilakukan (lihat

contoh pelajaran kami di bagian selanjutnya). Hal ini membawa hewan hidup ke dalam ruang kelas yang, dikombinasikan dengan eksperimen yang mencerminkan penelitian kontemporer yang relevan, cenderung meninggalkan pengalaman jangka panjang. Saya sering berbicara dengan orang-orang yang diajari genetika klasik tentang lalat beberapa dekade yang lalu dan masih memiliki ingatan positif.

2.5. Kegiatan Laboratorium Menggunakan Lalat Buah

Lalat buah adalah subjek studi yang ideal bagi siswa yang mempelajari dasar-dasar genetika karena mereka memiliki kromosom yang sedikit yaitu delapan kromosom - dibandingkan dengan manusia, yang memiliki 46 kromosom disamping itu memiliki siklus hidup yang pendek dan reproduksi yang cepat.

Sekolah sekolah di negara maju menggunakan lalat buah dalam studi project antara lain Sekolah Menengah Wilayah McKeesport (UK), melakukan proyek laboratorium selama sebulan yang akan melibatkan pembiakan lalat buah dan melacak perubahan fisik pada serangga selama beberapa generasi. Siswa akan mengawinkan lalat yang unik secara genetik untuk mempelajari bagaimana sifat genetik yang dominan dan resesif mempengaruhi warna mata dan ukuran sayap.



<https://www.education.com/science-fair/article/drosophila-metamorphosis/>

CONTOH PRAKTIKUM MENGGUNAKAN LALAT BUAH

Masalah

Bagaimana siklus hidup lalat buah?

Bahan

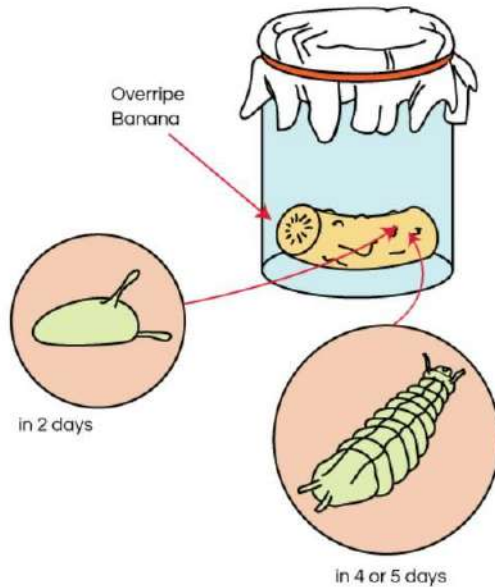
1. Pisang yang sudah lewat masak
2. Stoples satu liter
3. Karet gelang besar
4. Kaca pembesar atau mikroskop bedah
5. Kultur lalat buah tanpa sayap (opsional, dapat dibeli dari toko hewan peliharaan)

Prosedur

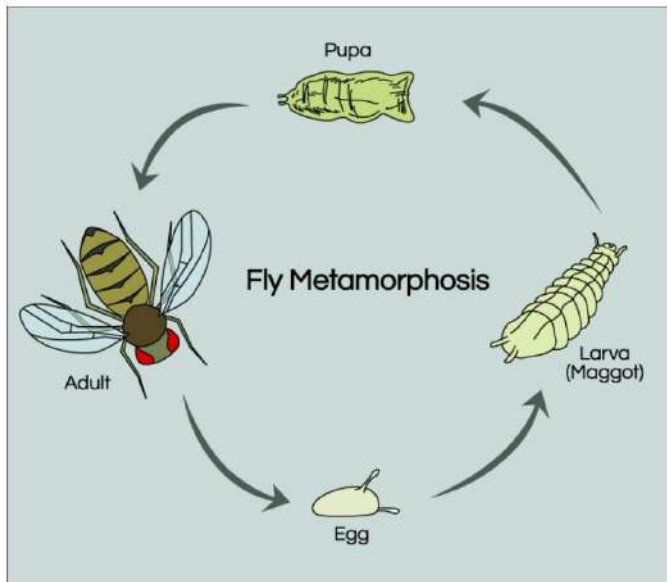
1. Kupas pisang dan masukkan ke dalam stoples yang belum ditutup di luar.
2. Dalam beberapa jam, Anda akan menemukan lalat buah kecil merayap di sekitar pisang. Anda perlu menangkap sejumlah lalat buah agar eksperimen ini berhasil. Jika tidak ada lalat buah yang datang ke pisang Anda, coba tunggu beberapa jam lagi.
3. Tutupi stoples dengan kertas.
4. Amankan kertas dengan karet gelang.
5. Dengan menggunakan kaca pembesar, coba amati lalat buah dan lihat apakah Anda dapat mengidentifikasi lalat buah jantan dan betina.
6. Kertas penutup dijaga agar tidak lepas, amati lalat buah setiap hari setidaknya selama sepuluh hari menggunakan kaca pembesar.

Hasil

Pada awalnya, Anda mungkin melihat bintik-bintik basah putih kecil di permukaan pisang. Ini adalah telur yang ditelurkan oleh lalat buah. Setelah beberapa hari, anda akan melihat makhluk kecil berwarna putih seperti cacing di permukaan pisang. MH seperti cacing putih kecil disebut belatung.



Belatung akan sangat aktif beraktifitas pada pisang sebagai makanan mereka sepanjang siang dan malam. Empat atau lima hari kemudian, belatung akan menempel di dinding dalam toples, membentuk struktur yang terlihat seperti butiran beras besar, yang menjadi gelap setelah beberapa hari. Sekitar sepuluh hari kemudian, lalat kecil akan muncul dari pisang. Jika pisang yang membusuk tidak mengganggu lingkungan Anda kotor, Anda dapat mengamati bagaimana generasi lalat ini kawin dan bertelur, mengulangi siklus hidup.



Mengapa?

Lalat buah adalah serangga, dan seperti semua serangga, mereka melalui tahapan hidup yang berbeda. Lalat buah yang Anda tangkap bertelur, dan belatung putih bergelombang yang Anda amati adalah tahap kedua dari perkembangan lalat buah, disebut larva, seperti ulat adalah tahap larva kupu-kupu dan ngengat. Bintik-bintik kecil tersebut merupakan tahapan ketiga dalam siklus hidup lalat buah yang disebut pupa. Bintik-bintik itu menjadi gelap saat kaki, sayap, dan kepala lalat berkembang.

Tindak lanjut

Ulangi percobaan dengan meletakkan toples pada suhu yang berbeda. Bagaimana hal ini memengaruhi perilaku lalat buah? Teliti beberapa eksperimen genetika yang dilakukan dengan lalat. Anda bahkan dapat memesan perlengkapan lalat buah di beberapa toko sains online.

<https://www.education.com/science-fair/article/drosophila-metamorphosis/>

Mengapa menggunakan lalat dalam penelitian?

Lalat buah (*Drosophila melanogaster*) adalah salah satu organisme model yang paling dipahami dengan baik.

Fakta-fakta kunci

- Lalat buah (*Drosophila melanogaster*, selanjutnya 'Drosophila') adalah yang paling banyak digunakan dan salah satu yang paling dipahami dengan baik dari semua model organisme ?.
- Lalat buah *Drosophila* berukuran panjang kurang lebih 3 mm.
- Larva *Drosophila*? berukuran kecil, putih dan mengkilap dengan penampilan yang mirip dengan cacing. Dalam 5-6 hari mereka bertambah berat sekitar 1000 kali lipat.
- Lalat buah di alam liar berkulit sawo matang dengan garis-garis hitam di bagian belakang perut dan mata merah cerah. Namun, ada banyak mutasi genetik yang terlihat, termasuk banyak warna mata yang berbeda, yang berharga bagi ahli genetika yang mempelajari *Drosophila*.
- Betina hidup selama sekitar satu bulan pada suhu kamar tetapi ini dapat meningkat menjadi lebih dari dua bulan pada suhu yang lebih rendah.
- Seekor betina dapat bertelur 30-50 telur per hari sepanjang hidupnya pada suhu kamar. Produksi telur harian berkurang pada suhu yang lebih rendah.
- *Drosophila* memberi makan dan berkembang biak pada buah yang difermentasi atau sumber gula fermentasi lainnya seperti limbah di saluran pembuangan atau tempat sampah.
- Kisah *Drosophila* dalam penelitian biologi dimulai pada tahun-tahun awal abad ke-20.
- *Drosophila* ideal untuk studi genetika? dan pengembangan.
- Genom lengkap? urutan *Drosophila* diterbitkan pada tahun 2000.

- Genomnya adalah 168.736.537 pasang basa? panjangnya dan berisi 13.937 gen pengkode protein (Ensembl)

Manfaat lalat buah

- Hubungan antara lalat buah dan gen manusia? Begitu dekat sehingga sering kali urutan gen manusia yang baru ditemukan, termasuk gen penyakit, dapat dicocokkan dengan gen setara pada lalat.
- 75 persen gen penyebab penyakit pada manusia juga ditemukan pada lalat buah.
- *Drosophila* memiliki siklus reproduksi yang pendek dan sederhana. Biasanya sekitar 8-14 hari, tergantung pada suhu lingkungan. Artinya, beberapa generasi dapat diamati dalam hitungan bulan.
- Lalat buah berukuran kecil (panjang 3 mm) tetapi tidak terlalu kecil sehingga tidak dapat dilihat tanpa mikroskop. Ini memungkinkan para ilmuwan untuk menyimpan jutaan dari mereka di laboratorium sekaligus.
- Mereka tidak mahal untuk dirawat di laboratorium.
- Mereka membutuhkan pola makan sederhana yang terdiri dari sumber karbohidrat sederhana (tepung jagung) dan protein (ekstrak ragi).
- Satu-satunya perawatan yang mereka butuhkan adalah mengganti makanan mereka secara teratur (setiap 10-14 hari pada suhu 25°C atau 5-6 minggu pada 18°C).
- *Drosophila* memiliki kromosom 'polytene', yang berarti ukurannya terlalu besar dan memiliki pola pita terang dan gelap seperti kode batang. Oleh karena itu, selama penelitian awal *Drosophila*, para ilmuwan dapat dengan mudah mengidentifikasi kromosom? pengaturan ulang dan penghapusan di bawah mikroskop.
- Relatif mudah untuk bermutasi (menggangu atau mengubah) gen lalat buah.

- Lalat buah menyediakan sarana sederhana untuk menciptakan transgenik? hewan yang mengekspresikan protein tertentu ?, seperti fluorescent hijau? protein ubur-ubur.
- Sejarah panjang dan terkenal dari penelitian yang ditujukan untuk mempelajari lalat buah berarti bahwa sekarang banyak hal yang diketahui tentang biologinya.
<https://www.yourgenome.org/facts/why-use-the-fly-in-research>

Sejarah lalat

Kisah lalat buah sebagai organisme model? dimulai pada tahun-tahun awal tahun 1900-an. Pada saat ini Gregor Mendel sedang melakukan riset pewarisat sifat ? tetapi para ilmuwan masih memiliki pemahaman yang sangat terbatas tentang cara kerja warisan. Ahli embriologi Amerika Thomas Hunt Morgan dianggap sebagai bapak pendiri penelitian *Drosophila*, dan bisa dibilang bapak genetika di Amerika Serikat. Thomas mulai bekerja dengan *Drosophila* pada tahun 1908. Ia paling tertarik mempelajari embriologi, mempelajari perkembangan embiro setelah terjadi fertilisasi pada hewan.

Spekulasi bahwa kromosom, terkait dengan karakteristik organisme yang mendorong minat Thomas dalam mempelajari pewarisan sifat. Pada saat itu dia sangat skeptis terhadap hukum pewarisan Mendel dan tidak setuju dengan gagasan Darwin tentang seleksi alam ?. Akan tetapi hasil risetnya menghasilkan kesimpulan yang mendukung kedua teori diatas.

Teori pewarisan kromosom

Setelah pencarian selama dua tahun yang membuat frustrasi dan seolah sia-sia untuk *Drosophila* dengan karakteristik berbeda, lalat bermata putih tiba-tiba muncul di antara lalat normal bermata merah. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang lalat bermata putih

tersebut, Thomas melakukan persilangan antara lalat tersebut dengan lalat mata merah. Melalui percobaan awal ini dia menemukan bahwa semua lalat bermata putih yang dihasilkan adalah jantan, tidak ada betina bermata putih sama sekali.

“Pewarisan ciri mata-putih mungkin memiliki dasar dalam kromosom, lebih khusus lagi, kromosom seks.

Setelah persilangan lebih lanjut, Thomas mengamati bahwa lalat betina hanya menunjukkan sifat bermata putih jika diwariskan, dua salinan mutan, gen, tetapi jantan hanya membutuhkan satu salinan gen mutan untuk memiliki mata putih. Ini menunjukkan kepadanya bahwa pewarisan ciri mata-putih mungkin memiliki dasar dalam kromosom. Lebih khusus lagi pada kromosom seks. Pada saat itu, sedikit yang diketahui tentang kromosom seks, meskipun diperkirakan salah satu dari empat pasangan kromosom *Drosophila* kemungkinan besar terlibat dalam penentuan jenis kelamin.

Thomas melanjutkan karyanya melihat sejumlah ciri yang berbeda di *Drosophila* dan pada tahun 1915 ia menerbitkan teorinya Mekanisme Hereditas Mendel, mengakui bahwa ia setuju dengan konsep Mendel tentang sifat herediter dominan dan resesif. Dalam karyanya ia memperkenalkan konsep gen yang membawa informasi herediter dan menjelaskan penemuan bahwa karakteristik tertentu terkait dengan seks. Dia juga mengungkapkan bahwa kombinasi sifat yang berbeda muncul dari perubahan yang terjadi pada kromosom selama reproduksi.

FAKTA UTAMA Thomas Morgan menerima Hadiah Nobel untuk Kedokteran pada tahun 1933.

Pada tahun 1933 Thomas Morgan menerima Hadiah Nobel untuk Kedokteran atas karyanya dalam menetapkan teori pewarisan kromosom. Karyanya dengan *Drosophila* menggembar-gemborkan

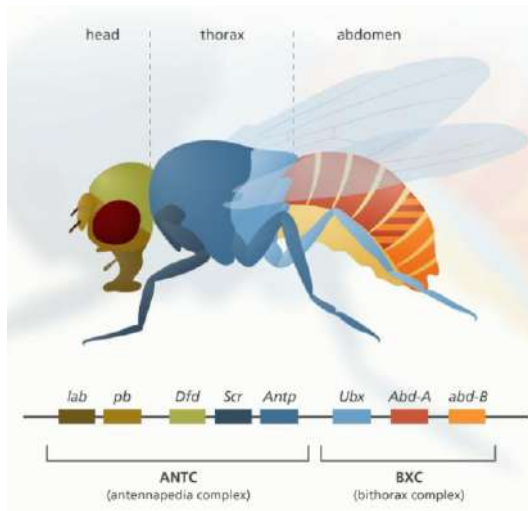
penemuan mendasar tentang pewarisan sifat pada makhluk hidup lebih khusus hewan.

Struktur dan perkembangan tubuh

Antara tahun 1940-an dan awal 1970-an, penelitian *Drosophila* terus produktif. Mutan yang berbeda dibuat di mana fungsi dari satu atau beberapa gen diubah atau dihilangkan seluruhnya. Teknik baru juga dikembangkan untuk memudahkan penanganan lalat buah di laboratorium. Fondasi penting diletakkan selama ini, namun hubungan antara hereditas dan perkembangan tidak terselesaikan. Ada periode panjang di mana tidak jelas apakah lalat itu akan menghasilkan sesuatu yang benar-benar penting.

“Pada akhir 1970-an dan 1980-an, penelitian *Drosophila* mencapai puncaknya. Kemudian, pada akhir 1970-an dan 1980-an, genetika, embriologi, dan biologi molekuler bersatu padu, dan penelitian *Drosophila* mencapai puncaknya. Ilmu baru biologi molekuler membawa serta kemampuan untuk memanipulasi DNA, dan para peneliti akhirnya bisa mengetahui gen di balik mutan lalat. Yang paling berpengaruh adalah mutasi yang dipelajari oleh Ed Lewis, yang menyebabkan transformasi aneh pada struktur tubuh.

‘Kompleks bithorax’ (lihat ilustrasi di bawah) adalah sekelompok gen, terletak pada kromosom 3, diyakini mengontrol pemisahan segmen tengah (perut) dan belakang tubuh lalat. Mutasi dalam gen di kompleks bithorax menyebabkan lalat dengan dua pasang sayap atau kaki pada ruas perut.



Kredit gambar: Genome Research Limited

Ilustrasi yang menunjukkan kompleks 'bithorax' dan 'antennapedia' dan cara mereka mengontrol tata letak tubuh pada lalat buah. Kompleks 'antennapedia' (lihat ilustrasi di bawah) adalah sekelompok gen yang bertanggung jawab untuk pembentukan dan diferensiasi segmen kepala dan depan (toraks) tubuh lalat. Mutasi yang ditemukan pada gen tersebut mengakibatkan lalat dengan kaki di mana antenna seharusnya berada.

Keanehan dari perubahan ini sebenarnya merupakan petunjuk untuk peran penting gen dalam kompleks bithorax dan antennapedia, karena mereka ternyata adalah kelompok gen pengendali utama yang memprogram struktur tubuh akhir lalat.

Sekitar waktu ini, Christiane Nüsslein-Volhard dan Eric Wieschaus mulai mengerjakan lalat buah di laboratorium kecil di Laboratorium Biologi Molekuler Eropa di Heidelberg, Jerman. Mereka memeriksa ribuan embrio yang bermutasi dengan perkembangan yang terganggu dan, sebagai hasilnya, mengidentifikasi serangkaian gen baru yang mendorong perkembangan awal dan pembentukan bagian tubuh organisme.

Gen baru ini termasuk gen yang produknya ditransfer dari ibu ke embrio (gen efek ibu) dan gen yang diekspresikan oleh embrio itu sendiri (gen 'segmentasi' zigotik). Gen efek ibu terlibat dalam menentukan sumbu tubuh utama (anterior-posterior dan dorsal-ventral), sedangkan gen segmentasi (gen 'gap', gen 'aturan pasangan' dan gen 'polaritas segmen') menentukan segmen yang berbeda di sepanjang sumbu anteroposterior dari embrio yang sedang berkembang.

FAKTOR UTAMA diperkirakan bahwa lebih dari 75 persen gen yang terlibat dalam penyakit manusia memiliki padanan dalam lalat.

Sejak 1999, sekuens genom *Drosophila* telah tersedia, dan peneliti menggunakan sekuensing DNA throughput tinggi? teknologi untuk melihat pola ekspresi gen dan protein. Dari perbandingan dengan genom manusia, diperkirakan lebih dari 75 persen gen yang terlibat dalam penyakit manusia memiliki padanan dalam lalat. Hampir seabad setelah *Drosophila* masuk ke tahap penelitian biologi dunia, lalat kecil ini telah menjadi salah satu organisme yang paling dipahami dengan baik.

<https://www.yourgenome.org/stories/fruit-flies-in-the-laboratory>

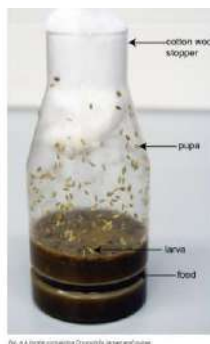


Fig. 4 A bottle containing *Drosophila* in their enclosure

Gambar Isolasi Lalat buah secara sederhana dengan menggunakan media buatan.

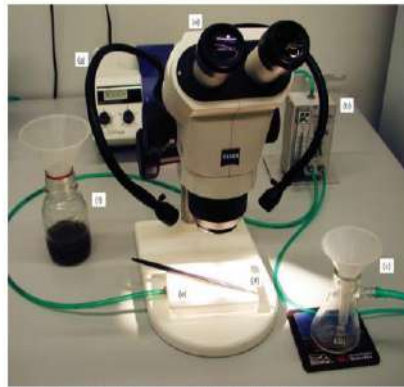


Fig. 3.4 typical bench set up for work with *Drosophila*: (a) stereomicroscope, (b) CO₂ regulator, (c) chamber for anesthesia, (d) pipette, (e) piece of paper connected to CO₂, (f) a syringe, a bottle containing methanol, and (g) a cold light source.

Pengamatan dengan mikroskop alat buah menggunakan stereomikroskop : a. Stereomikroskop b. regulator CO₂ c. chamber anestesi d. pipet pewarna e. pipa yang menghubungkan ke CO₂ f. botol yang berisi methanol g. sumber cahaya

PRAKTIKUM : Siklus hidup lalat buah (*Drosophila sp*)

- Tujuan : Untuk mengamati perkembangan dan tahapan hidup lalat buah
 Alat : Kaca benda, Lup, Botol selai, Kertas saring, Plastik transparan, Lumpang dan alu (bisa menggunakan blender)
 Bahan : Pisang ambon, beberapa ekor lalat buah

Prosedur Kerja :

I. Isolasi Lalat Buah Lokal

Lalat buah lokal dapat diperoleh dengan meletakkan wadah toples berisi buah busuk. Populasi lalat buah yang berkumpul pada buah busuk tersebut dijadikan sumber parental lalat buah yang akan dibiakkan dilaboratorium.

II. Pembiakan lalat buah

1. Siapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan.
2. Hancurkan pisang dengan menumbuknya menggunakan lumpang dan alu atau di blender
3. Masukkan pisang tersebut ke dalam botol selai yang telah dibersihkan, masukkan kertas saring sesuai dengan ukuran botol selai, kemudian letakkan kaca benda yang sudah dibungkus dengan kertas saring.
4. Memasukkan lalat buah (*Drosophila sp*) ke dalam botol selai tadi, kemudian menutup permukaan botol selai tadi dengan plastik yang diberi lubang kecil kemudian mengikatnya dengan gelang karet.
5. Mengamati perubahan yang terjadi pada biakkan setiap hari selama 7 hari dan mencatat perubahan yang terjadi.

III. Pengamatan

No	Hari/ tanggal	Jam	Jumlah	Perubahan	Keterangan
1					
2					
dst					

BAB
3**METODE PENELITIAN****3.1. Lokasi Penelitian**

Analisis morfometri, ekstraksi/purifikasi DNA, amplifikasi gen CO1 dilakukan di Laboratorium Bioaktivitas dan Biologi molekuler Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Manado, Sekuensing dilakukan di First BASE Singapura. Pengembangan media pembelajaran di lakukan di Jurusan Biologi Program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Unima.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : tissue ruptor *Qiagen*, Vortexer V-1 plus *Biosain*, Orbital shaker OS-20 *Biosain*, micropipette *ependorf*, mini personal sentrifuse microone *Tommy Digital Biology*, Nanospektrofotometer P Class, centrifuse 5430R *ependorf*, Master cycler pro s *Eppendorf*, gel documentation system fire reader *Uvitec*, SEM (*Scanning electron microscope* Carl Zeiss EVO), Mikroskop 3 D Digital Hirox KH8700.

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: media tumbuh lalat buah, berbagai jenis buah, etanol p.a. (merck), kloroform p.a. (merck), kit *Qiagen DNeasy® Blood & Tissue*, Primer CO1:LCO1490:GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG dan HCO2198:TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAAAT , kit PCR top tag master mix Qiagen dll.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan dengan metode deskriptif. Tahapan penelitian eksperimen laboratorium yaitu : 1). Pemiakan Lalat buah 2). Analisis morfometrik/fenotifik dan Ultrastruktur Lalat Buah 3). Analisis DNA lalat buah, 4). Pengembangan paket pembelajaran dan 5). Uji coba paket pembelajaran.

3.3.1. Pemiakan Lalat Buah di Laboratorium

Lalat buah diisolasi dan dibiakan menggunakan media berbagai jenis buah yaitu buah Langsung, buah Pepaya, buah Pisang dan buah Mangga. Lalat buah dipelihara di Laboratorium selama 28 hari. Selanjutnya digunakan untuk analisis fenotifik dan ultrastruktur serta analisis DNA.

3.3.2. Analisis DNA lalat Buah

a. Ekstraksi DNA

Toraks dan tungkai lalat yang telah direndam dengan alkohol 70% dipisahkan dari tubuh lebah dengan pinset steril. Selanjutnya dimasukkan dalam eppendorf 1,5 ml. Tungkai belakang tersebut selanjutnya dihaluskan dengan tissue ruptor menjadi potongan-potongan kecil dan diletakkan pada tabung 1,5 ml baru, untuk mikrosentrifuse. Ditambahkan 180 µl Buffer ATL kemudian 20 µl *proteinase K*. Campurkan dengan divortex dan diinkubasi pada suhu 56⁰C sampai terlisis sempurna. Pada saat inkubasi sesekali divorteks atau

diletakkan pada thermomixer pada shaker dengan water bath. Inkubasi dapat dilakukan selama 1-1,5 jam (waktu inkubasi dimodifikasi). Vorteks selama 15 detik, tambahkan 200 µl buffer AL, campurkan dengan cara divortex. Selanjutnya tambahkan 200 µl etanol (96-100%). Campurkan kembali kemudian pipet campuran ke dalam DNeasy mini spin column dalam 2 ml collection tube.

Sentrifuse pada > 6000 g (8000 rpm) selama 1 menit. (*Discard flow-through and collection tube*). Pindahkan spin column pada collection tube 2 ml yang baru kemudian tambahkan buffer AW2. Sentrifuse selama 3 menit pada 20.000 g (14.000 rpm). (*Discard flow-through and collection tube*). Pindahkan spin column pada tabung 1,5 ml atau 2 ml untuk mikrosentrifuse dan tambahkan 200 µl buffer AE untuk elusi. Inkubasikan selama 1 menit pada suhu kamar. Sentrifuse selama 1 menit pada > 6000 g (8000 rpm). Diberi label pada tiap tabung. Analisa konsentrasi dan kemurnian DNA hasil ekstraksi dengan nanospektrofotometer.

b. Amplifikasi gen CO1 dengan Metode PCR

DNA hasil ekstraksi diamplifikasi menggunakan metode PCR menggunakan mesin PCR Master cycles pro s Eppendorf. Komposisi pereaksi yang digunakan pada proses PCR terdiri atas 6,4 µl ddH₂O steril, 1 µl dNTP 2,5 mM, 1,25 µl Mg²⁺free buffer, 1,5 µM MgCl₂ 25 mM, 0,1 µl Taq polymerase 5 mM, 1 µl DNA hasil ekstraksi, 0,625 µl primer CO1. Total volume pereaksi yang digunakan adalah 12,5. Amplifikasi dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap predenaturasi dengan suhu 94°C selama 1 menit. Selanjutnya dilakukan perbanyakan sebanyak 30 siklus dengan suhu denaturasi 94°C, *annealing* 61°C dan elongation 72°C masing-masing selama 1 menit. Tahap terakhir sintesis DNA dilakukan pada suhu 72°C selama 7 menit.

c. Elektroforesis

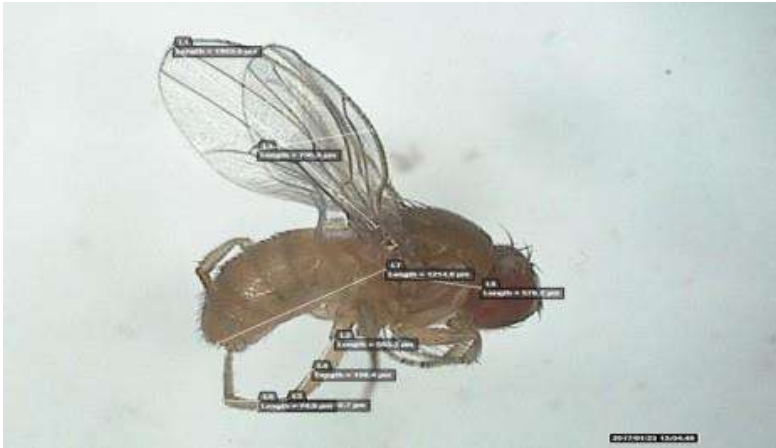
Hasil PCR masing-masing sebanyak 5 µl kemudian dicampur dengan *loading dye* 1 µl dan 2 µl gel staining. Dimasukkan ke dalam well gel agarosa 1,5% di dalam elektroforesis chamber. Salah satu well diisi dengan marker 100 bp sebanyak 5 µl. Selanjutnya nyalakan power supply pada posisi 100 volt selama 40 menit. Tutup chambernya, DNA akan bermigrasi dari elektroda negatif (warna hitam) ke elektroda positif (warna merah). Hasil elektroforesis dapat dilihat dengan menggunakan lampu UV. Dokumentasikan gel dengan menggunakan *Gel Documentation*.

d. Sekuensing dan Analisis

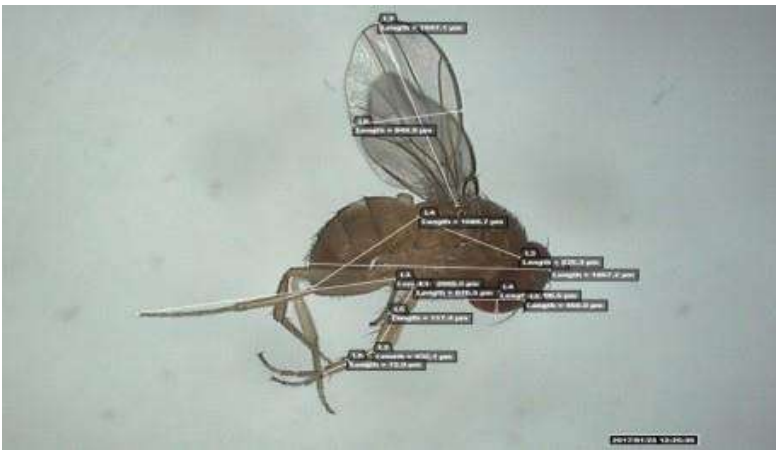
Sekuensing dilakukan melalui penyedia jasa layanan sekuensing FIRST BASE Singapura. Sekuensing menggunakan ABI PRISM 3730xl *Genetic Analyzer develop by Applied Biosystems, USA*. Sekuens yang diperoleh kemudian di BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) pada <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast>. Sebanyak 7 sekuens dengan tingkat kemiripan lebih dari 90% digunakan untuk pembentukan pohon filogeni dan 1 sekuens dengan kemiripan terjauh digunakan sebagai pembanding luar (outsider). Pohon filogeni dibentuk dengan menggunakan program Geneious R6 Biomatter Ltd.

BAB
4**ANALISIS DATA HASIL PENELITIAN****4.1. Analisis Fenotifik Morfometri Lalat Buah**

Awal mula penelitian yaitu dengan merering atau mengawinkan lalat buah jantan mata merah dan betina mata merah dengan media tanam yaitu buah pisang, kemudian diamati siklus hidup dari lalat buah tersebut sampai mendapati individu baru. Individu baru (*Drosophila* sp.) dibawa ke Laboratorium Biologi dan diamati menggunakan Mikroskop Digital Hirox KH8700. Pengamatan yang dilakukan yaitu karakteristik fenotipik morfometri dari lalat buah. Lalat buah yang diamati menggunakan Mikroskop Digital Hirox KH8700 berjumlah 15 sampel dari 30 sampel individu baru, hasil perkawinan lalat buah jantan dan betina. Berikut ini adalah gambar dari hasil pengukuran menggunakan mikroskop Digital Hirox KH8700.



A. jantan



B. Betina

Gambar 9 : Lalat buah yang diukur menggunakan Mikroskop Digital Hirox KH8700





Gambar 10 Morfologi Lalat buah





Morfologi Sayap dan Kepala

Berdasarkan rekapitulasi hasil analisis karakteristik fenotipik morfometri lalat buah ($n=15$) yang diukur menggunakan Mikroskop Digital Hirox KH8700 diperoleh rata panjang tubuh (PT) 2125.7 μm ; panjang sayap (PS) 2005.9 μm ; lebar sayap (LS) 846.22 μm ; panjang thoraks (PThr) 735.62 μm ; panjang abdomen (PAbd) 1172.92 μm ; panjang femur (PF) 1018.98 μm ; panjang tibia (PTb) 647.12 μm ; lebar femur (LF) 116.87 μm ; lebar tibia (LTb) 64.12 μm ; panjang mata (PM) 776.69 μm ; dan lebar mata (LM) 326.25 μm dapat dilihat pada (tabel 4.1). Semua individu lalat buah memiliki mata berwarna merah, tubuh berwarna kuning kecoklatan dan tungkai berwarna coklat dapat dilihat pada (tabel 4.2).

Tabel 4.1 : Analisis Morfometri Lalat buah isolate Minahasa

Jenis Kelamin		PT	PS	LS	PThr	Pabd	PF	PTb	LF	LTb	PM	LM
Betina	1	2.514	2.443	0,973	0.888	1.248	0.532	1.182	0.103	0.086	0.510	0.289
Jantan	2	2.395	2.025	0.875	0.844	1.259	0.530	1.376	0.110	0.064	0.418	0.380
Jantan	3	1.867	1.947	0.849	0.825	1.086	0.667	0.435	0.117	0.072	0.450	0.208
Betina	4	1.885	1.538	0,811	0.684	1.036	0.870	0.675	0.117	0.038	0.439	0.310
Betina	5	1.903	1.887	0,857	0.756	1.015	0.582	0.553	0.175	0.072	0.520	0.322
Jantan	6	1.994	1.715	0.845	0.543	1.302	0.628	0.432	0.117	0.050	0.483	0.325
Betina	7	2.154	1.961	0.954	0.639	1.081	0.677	0.706	0.160	0.079	0.515	0.288
Betina	8	2.241	2.391	0.776	0.760	1.256	0.734	0.604	0.080	0.053	0.495	0.309
Jantan	9	1.900	1.873	0.667	0.730	1.075	0.564	0.790	0.096	0.055	0.364	0.339
Jantan	10	2.162	2.067	0.947	0.876	1.229	0.724	0.641	0.132	0.045	0.485	0.379
Betina	11	1.879	2.023	0.885	0.667	1.043	0.615	0.543	0.087	0.071	0.457	0.408
Jantan	12	2.335	1.888	0.850	0.801	1.257	0.537	0.371	0.120	0.068	0.439	0.427
Jantan	13	2.123	1.954	0.736	0.576	1.214	0.563	0.392	0.108	0.075	0.474	0.309
Betina	14	2.226	2.315	0.836	0.785	1.083	0.565	0.398	0.113	0.066	0.459	0.285
Betina	15	2.307	2.075	0.853	0.654	1.391	0.417	0.601	0.111	0.057	0.445	0.319

Tabel 4.2 : Karakteristik Morfologi Lalat Buah (*Drosophila* sp.)

Individu	Warna Mata	Warna Tubuh	Intensitas Rambut
1	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
2	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
3	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
4	Merah	Kuning Kecoklatan	Banyak
5	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
6	Merah	Kuning Kecoklatan	Banyak
7	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
8	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
9	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
10	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
11	Merah	Kuning Kecoklatan	Banyak
12	Merah	Kuning Kecoklatan	Banyak
13	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
14	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang
15	Merah	Kuning Kecoklatan	Sedang

Analisis Morfometri Lalat Buah Minahasa Tenggara

Jenis Kelamin		PT	PS	LS	PThr	PTb	PF	LF	LTb	Pabd	PM	LM
jantan	1	2.408	4.763	1.27	1.068	0.4154	0.53	0.12	0.072	2.206	0.492	0.36
betina	2	2.245	2.409	1.001	0.864	0.608	0.471	0.18	0.117	1.218	0.551	0.326
jantan	3	2.068	2.113	0.378	0.907	0.636	0.69	0.145	0.065	1.33	0.5	0.383
jantan	4	1.823	3.086	1.14	0.807	0.637	0.674	0.111	0.051	1.202	0.455	0.286
betina	5	2.119	2.019	0.641	0.936	0.684	0.793	0.064	0.066	1.36	0.588	0.393
jantan	6	0.671	0.693	2.251	0.273	0.224	0.166	0.031	0.023	0.443	1.099	0.888
jantan	7	0.517	0.529	0.2	0.216	0.157	0.197	0.031	0.017	0.307	0.138	0.098
jantan	8	0.623	0.749	0.305	0.32	0.235	0.252	0.027	0.025	0.366	0.158	0.137
jantan	9	1.66	1.824	0.778	0.761	0.633	0.631	0.107	0.073	0.987	0.53	0.344
betina	10	1.731	2.023	0.922	0.852	0.594	0.725	0.112	0.049	0.987	0.554	0.397

Keterangan : PT (Panjang tubuh), PS (Panjang sayap), LS (lebar sayap), PThr (Panjang toraks), PTb (Panjang tibia).
 PF (Panjang femur), LF (lebar femur), LTb (lebar tibiah), Pabd (Panjang abdomen), PM (Panjang mata) (LM (lebar mata).

4.2. Analisis DNA barcoding Lalat buah dari Minahasa

Setelah selesai proses ekstraksi, ekstrak DNA diuji kemurniannya dengan menggunakan *spektrofotometer*. Jika hasil uji kemurnian berada pada kisaran 1,7 -2,0 artinya DNA yang diekstraksi memiliki kemurnian yang baik, tapi jika hasilnya kurang atau lebih dari kisaran tersebut itu artinya DNA yang diekstraksi terkontaminasi dengan protein, RNA ataupun molekul lainnya.

Dari hasil uji kemurnian dengan menggunakan *spektrofotometer* didapatkanlah hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{260}/A_{280} &= 0,098 / 0,043 \\ &= 2,28 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil kemurnian di atas, diketahui bahwa ekstrak DNA terkontaminasi. Hal ini biasanya disebabkan oleh beberapa faktor, namun dalam penelitian ini penyebab terjadinya kontaminasi adalah kesalahan saat proses preparasi sampel. Meskipun demikian, proses analisis DNA tetap dilanjutkan ke tahapan selanjutnya yaitu amplifikasi DNA, dengan alasan karena hasil kemurnian DNA hanya lebih 0,28 dari ukuran kemurnian yang telah ditetapkan.

a. Amplifikasi DNA

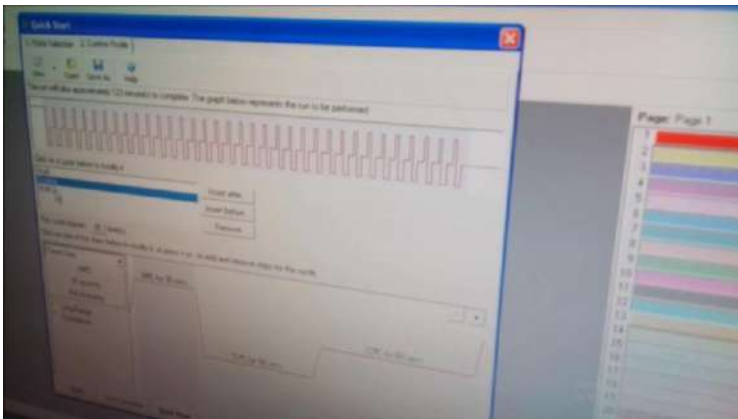
DNA hasil ekstraksi diamplifikasi dengan metode PCR menggunakan *Retongene (Qiagen)*. Proses PCR meliputi pencampuran komposisi pereaksi dan pengaturan kondisi.

Komposisi pereaksi yang digunakan dalam proses PCR dapat kita lihat dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4.2 Komposisi PCR

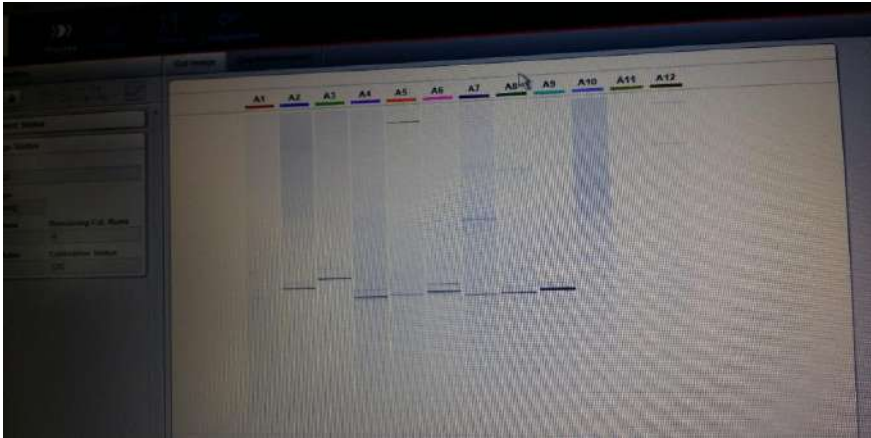
Komponen	Jumlah
Top Taq Mater Mix	12,5 μ l
Primer HCO	2 μ l
Primer LCO	2 μ l
ddH ₂ O	6,5 μ l
DNA Template	2 μ l

Pengaturan kondisi PCR dilakukan dengan menggunakan *Retongene (Qiagen)* yang terhubung dengan komputer dan diatur melalui program yang ada di dalamnya selama 120 menit.

**Gambar 11. Pengaturan Kondisi PCR**

b. Elektroforesis

Setelah melalui tahap amplifikasi DNA, sampel DNA hasil PCR dilanjutkan ke tahap elektroforesis. Elektroforesis bertujuan untuk memvisualisasikan hasil PCR. Proses elektroforesis menggunakan mesin *Automatic Electrophoresis* yang terhubung dengan komputer, dan hasilnya ditampilkan dilayar monitor.

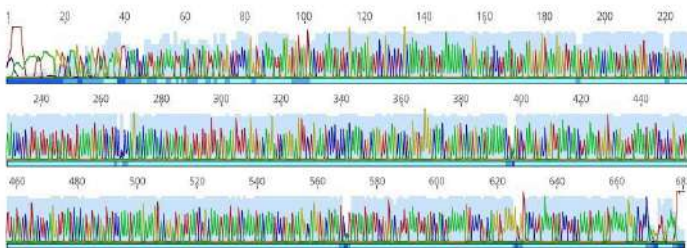


Gambar 12. Hasil Elektroforesis

c. Sekuensing

Sekuensing dilakukan di Singapura tepatnya oleh PT. Genecraft Labs. Prosesnya membutuhkan waktu 2 minggu hingga hasilnya dikirim ke Laboratorium Bioaktivitas & Biomolekuler UNIMA.

Hasilnya adalah seperti berikut ini :



Gambar 13. Kromatogram Gen CO1 Lalat Buah

Kromatogram merupakan visualisasi dari hasil elektroforesis yang menunjukkan bahwa urutan nukleotida yang terbentuk baik. Selanjutnya kromatogram tersebut dibaca dengan menggunakan program *Geneous 6.0* sehingga didapatkanlah urutan nukleotida seperti berikut :

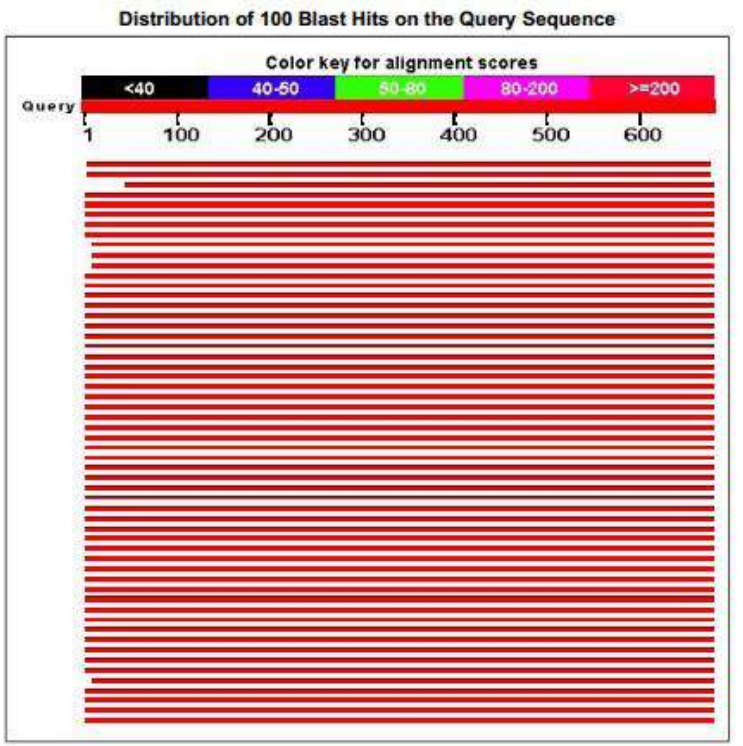
ATATTTTATTTTTGGAGCTTGAGCTGGAATAGTTGGAACTTCA
 CTAAGTATTTAATTCGAGCTGAATTAGGACACCCIGGAGCT
 TTAATTGGAGATGATCAAATTTATAACGTTATTGTAACAGCA
 CACGCTTTTATTATAATTTTTTTTCATGGTTATACCAATTATAAT
 TGGAGGATTTGGGAATTGATTAGTTCCTTAATATTAGGAGCA
 CCTGATATAGCATTCCCACGAATAAATAATATAAGATTTTGA
 TTAATAACCCCTGCTCTTTCTCTATTATTAGTAAGAAGAATAG
 TTGAAAATGGAGCTGGTACTGGGTGAACAGTTTACCCACCTC
 TTTACAGCTGGAATTGCTCATGGAGGGGCTTCAGTTGATCTAG
 CTATTTTTTCATTACATTTAGCCGGAATTTCTTCAATTTTAGGA
 GCTGTAAATTTTATTACAACAGTAATTAATATACGATCAACT
 GGAATTACTCTAGATCGTATACCTTTATTGTTTGATCAGTAG
 TAATTACAGCTTTATTATTACTTTTATCTTTACCAGTATTGGCC
 GGAGCTATTACCATATTATTAACAGATCGAAATTTAAATACA
 TCATTTTTTGATCCAGCTGGAGGGGGAGATCCAATTTTATACC
 AACATTTATTTTGATTTTTTGGGCACCCAGAAGTATATATTTT
 AATTTACCAGGATTCGGAATAATTTCTCATATTATTAGTCAA
 GAATCAGGTAAAAAGGAAACATTCGGGTCTTTAGGAATAAT
 TTATGCAATATTAGCAATTGGATTATTAGGTTTTATTGTATGA
 GCTCATCATATATTTACTGTTGGAATAGACGTAGATACTCGA
 GCCTATTTTACTTCAGCAACTATAATTATTGCTGTTCCAACCTG
 GTATTAATAATTTTCAGATGATTAGCCACATTACACGGAACTC
 AATTAACCTTATCCCCTGCTATTTTATGAGCATTAGGATTTGT
 CTTTTTATTTACAGTAGGTGGATTAACAGGAGTTGTTTTAGCT
 AATTCTTCTGTTGATATTATTCTTCATGATACATATTATGTTGT
 AGCTCATTTTCACTATGTATTATCAATAGGAGCTGTATTTGCT
 ATTATAGCAGGATTTATTTCACTGATATCCATTATTTACTGGAT
 TAACATTAATGTAATAATGATTAATAAAGTCAATTTATTATTA
 TATTTATTGGAGTAAATTTAACATTTTTCCACAACACTTTTTA
 GGATTAGCTGGTATGCCTCGTCGATATTCAGACTATCCAGAT
 GCATATACTACATGAAATGTAGTATCTACAATTGGTTCAACT
 ATTTCTTTATTAGGAATTTTATTTTTCTTTTATATTGTATGAGA

```

AAGTTTAGTATCTCAACGACAAGTAATTTATCCAGTTCAATT
AAATTCTTCAATTGAATGATACCAAATACTCCTCCTGCTGA
ACATAGTTATTCTGAATTACCCCTTTT

```

Setelah didapatkan, urutan nukleotida yakni sebanyak 1478 Bp (*base pair*) selanjutnya di analisis penjajaran dengan metode BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*).



Gambar 14. Hasil BLAST dalam Situs NCBI

Hasil BLAST menunjukkan bahwa urutan nukleotida tadi memiliki tingkat kesamaan 99% dengan urutan nukleotida *Drosophila ananassae* yang telah terdaftar dalam *gene bank* NCBI.

Descriptions

Sequences producing significant alignments:

Description	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
<i>Drosophila ananassae</i> mitochondrion, complete genome	1216	1216	98%	0.0	99%	BK006336.1
<i>Drosophila ananassae</i> cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	1205	1205	98%	0.0	99%	JG079117.1
<i>Drosophila melanogaster</i> mitochondrial COI gene for cytochrome oxidase I, complete cds, isolate: CCB	1123	1123	93%	0.0	99%	AB997180.1
<i>Drosophila simulans</i> isolate RU259 mitochondrion, complete genome	933	933	99%	0.0	92%	AF200849.1
<i>Drosophila simulans</i> isolate RU07 mitochondrion, complete genome	933	933	99%	0.0	92%	AF200848.1
<i>Drosophila simulans</i> isolate RU09 mitochondrion, complete genome	933	933	99%	0.0	92%	AF200846.1
<i>Drosophila mauritiana</i> isolate BE1 mitochondrion, complete genome	933	933	99%	0.0	92%	AF200831.1
<i>Drosophila mauritiana</i> mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene, 5' end, Trp-, Cys-, and Tyr- tRNA genes, NADH dehydrogenase subunit 2 (ND2) gene, 3' end	933	933	99%	0.0	92%	M57912.1
<i>Drosophila insompta</i> isolate 7 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	931	931	98%	0.0	92%	JX993184.1
<i>Drosophila insompta</i> isolate 6 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	926	926	98%	0.0	92%	JX993193.1

Gambar 15. Daftar Spesies Lalat Buah dalam *Gene Bank NCBI*

Jadi, berdasarkan analisis DNA yang telah dilakukan, diketahui bahwa spesies dari lalat buah yang telah diteliti adalah *Drosophila ananassae*.

**BAB
5****PEMBAHASAN****5.1. Analisis DNA Barcoding Lalat Buah****1. Ekstraksi dan Purifikasi DNA Lalat Buah isolat Nenas**

Ekstraksi DNA dilakukan menggunakan protokol pada Kit Blood and Tissue GeneAid. Waktu perendaman proteinase-K dimodifikasi dari protokol menghasilkan kemurnian dan konsentrasi dsDNA yang lebih baik. Konsentrasi DNA total yang diperoleh adalah 45 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dengan kemurnian 1,87. Konsentrasi optimal menurut protokol Kit Blood and Tissue GeneAid adalah 45-50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dan kemurnian pada sebaran 1,70 - 2,00 (A260/280). Bila dibandingkan dengan ekstraksi DNA lalat buah dari nenas tanpa modifikasi perendaman proteinase K (perendaman selama 30 menit) menghasilkan konsentrasi dsDNA 27,50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dengan kemurnian 1,24 (A260/280). Ekstraksi DNA jaringan abdomen imago lalat buah yang diisolasi dari buah nenas dengan modifikasi perendaman proteinase-K selama 18 jam menghasilkan dsDNA total dengan konsentrasi dan kemurnian

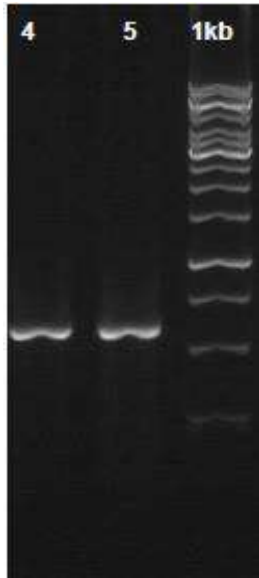
terbaik. Selanjutnya DNA yang diperoleh dijadikan templete untuk amplifikasi gen CO1.



Gambar 16. Imago lalat buah dari Nenas diamati dengan Stereromikroskop Hirox KH8700 x150

2. Amplifikasi dan Visualisasi Amplikon Gen CO1 Lalat Buah Nenas

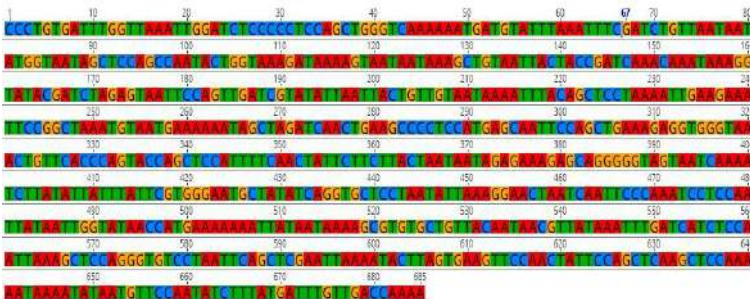
Amplifikasi gen CO1 terbaca pada panjang 664 base pair (bp). Pita yang terbentuk menunjukkan kualitas dan kuantitas amplikon gen CO1 yang berhasil teramplifikasi dengan baik. Dari elektogram yang diperoleh amplifikasi berhasil dengan baik (Gambar 2). Dengan demikian gen CO1 universal (Folmer et.al. 1994) berhasil digunakan untuk mengamplifikasi gen CO1 dari lalat buah pada buah nenas.



Gambar 17. Elektrogram amplikon gen CO1 lalat buah dari nenas pada sumur 4 dan sumur 5.

3. Sekuensing

Produk sekuensing dalam bentuk file *seq*, dari FIRST BASE Singapura dibaca dengan Program Geneous 9.8.0. Sekuens gen CO1 lalat buah dari nenas hasil sekuensing setelah dianalisis memiliki panjang 685 bp (Gambar 3). Hasil ini sesuai dengan panjang gen CO1 universal yaitu antara 600 – 700 bp (Folmer *et.al.*, 1993).



4. Analisis Sekuens Gen CO1 Lalat Buah Nenas

Penyejajaran sekuens gen CO1 lalat buah isolat nenas dilakukan dengan metode BLAST (Basic local alignment searching test) pada situs NCBI (www.ncbi...). Hasil BLAST menunjukkan tingkat kesamaan sekuens dengan 100 sekuens sejenis yang telah terdata pada gene bank NCBI. Garis merah menggambarkan kesamaan urutan basa nitrogen lebih dari 200 bp (Gambar...). Sekuens [] menunjukkan tingkat kemiripan tertinggi dengan sekuens gen CO1 lalat buah isolat nenas (Tabel ..).

Tabel Dua belas sekuens yang identik hasil BLAST pada situs NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)

Sequences producing significant alignments:

Select All None Selected 0

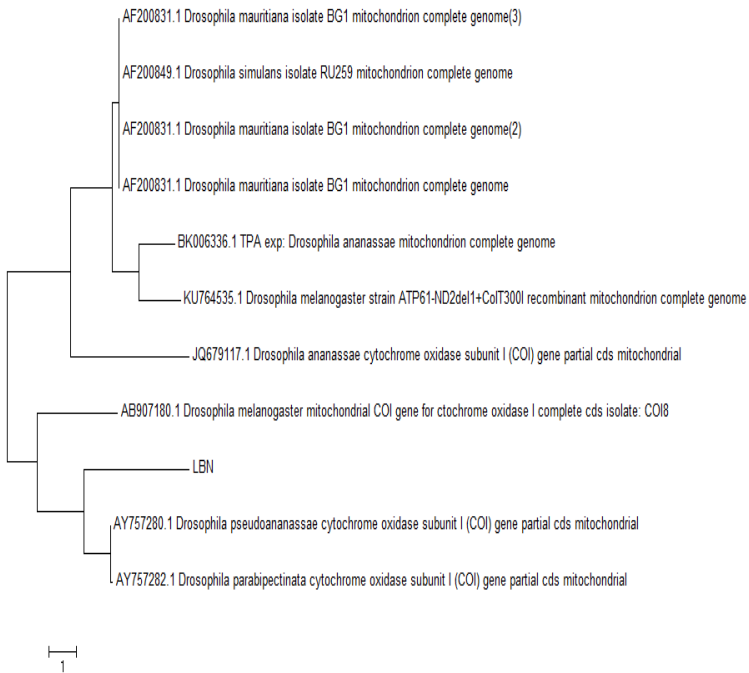
Alignments: Download Compare Graphs Details/View all results

Description	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
TBA, <i>Drosophila ananassae</i> mitochondrial, complete genome	1223	1223	97%	0.0	99%	BC005336.1
Drosophila ananassae cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds, mitochondrial	1158	1158	93%	0.0	99%	J025701.1
Drosophila melanogaster mitochondrial COI gene for cytochrome oxidase I, complete cds, isolate: COI	1096	1096	87%	0.0	99%	AB007383.1
Drosophila simulans isolate RU253 mitochondrial, complete genome	918	918	97%	0.0	91%	AF200848.1
Drosophila simulans isolate RU87 mitochondrial, complete genome	918	918	97%	0.0	91%	AF200848.1
Drosophila simulans isolate RU88 mitochondrial, complete genome	918	918	97%	0.0	91%	AF200846.1
Drosophila quadrata isolate B51 mitochondrial, complete genome	918	918	97%	0.0	91%	AF200811.1
Drosophila mojaviana mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, 5' end, Cyp6, and Tm1 rRNA genes, NA141 dehydrogenase subunit 2 (ND2) g	918	918	97%	0.0	91%	AF05112.1
Drosophila pseudoobscura cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds, mitochondrial	917	917	96%	0.0	92%	AF25280.1
Drosophila paraobscura cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds, mitochondrial	913	913	97%	0.0	91%	AF157202.1
Drosophila rufa mitochondrial COI gene for cytochrome oxidase subunit I, partial cds, strain: D1091	911	911	96%	0.0	91%	AB003704.1
Drosophila simulans isolate NC48 mitochondrial, complete genome	907	907	97%	0.0	91%	AF200838.1

5. Rekonstruksi Filogeni Lalat Buah Isolat Nenas berdasarkan gen CO1

Rekonstruksi filogeni menggunakan program MEGA 7.0. Model pohon filogeni yang digunakan diperoleh dari hasil analisis substitusi. Sekuens gen CO1 lalat buah isolat nenas digunakan untuk analisis substitusi penentuan model pohon filogeni. Hasil analisis substitusi diperoleh model Minimum Likelihood (Lampiran) paling cocok untuk mengkonstruksi pohon filogeni lalat buah dari nenas. Rekonstruksi filogeni menghasilkan 2 clade morfologi dimana lalat

buah isolat nenas (LBN) membentuk satu clane monofiletik dengan 3 sekuens lalat buah hasil BLAST. LBN membentuk nodus dengan *Drosophila pseudoannanasae* [AY757280] dan *Drosophila parabipectinata* [757782]. Walaupun demikian berdasarkan pohon filogeni yang terbentuk LBH memiliki tingkat kemiripan terdekat dengan *Drosophila pseudoannanasae* [AY757280].



Gambar 18. Rekonstruksi Filogeni Lalat Buah Nenas Menggunakan Gen CO1

5.2. Pengembangan Media Pembelajaran Hasil Analisis DNA Lalat Buah

Setelah membuat isi atau materi dari media pembelajaran audio visual ini, tahap pengembangan dilanjutkan dengan model pengembangan 4D, yang terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut: 1) *Define*; 2) *Design*; 3) *Development*; dan 4) *Disseminate*. Model pengembangan ini memiliki tahapan yang lengkap, yakni sampai ke

tahapan *disseminate* sehingga nantinya media pembelajaran dapat digunakan secara massal.

Tahap 1. *Define* atau Pendefinisian. Tahap *define* terdiri dari beberapa tahapan yang semuanya bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang mendasari perlunya pengembangan media pembelajaran audio visual di SMA Negeri 2 Tahuna.

Beberapa tahapan dalam langkah *define* adalah:

1) Analisis Ujung Depan (*Front-End Analysis*)

Analisis ujung depan dilakukan dengan observasi dan wawancara. Observasi atau pengamatan langsung dilakukan di kelas XII IPA 1, yang teramati adalah proses pembelajaran yang dilakukan hanya berupa ceramah yang bersifat monoton dan mencatat materi yang ada di buku cetak. Selanjutnya pengembang mewawancarai guru mata pelajaran, beliau menjelaskan bahwa proses mengajar yang demikian dikarenakan sulitnya mengkonkretkan materi tentang materi genetik ataupun materi lain yang berkaitan dengan genetika. Ia pun menjelaskan bahwa biasanya ada juga media pembelajaran yang digunakan yakni *power point* yang ditampilkan melalui LCD proyektor namun siswa kurang aktif dalam proses pembelajaran. Proses pembelajaran di SMA Negeri 2 Tahuna khususnya tentang materi genetik masih konvensional. Sehingga permasalahan tersebut mendasari pembuatan dan pengembangan media pembelajaran audio visual dalam pembelajaran genetika di SMA ini.

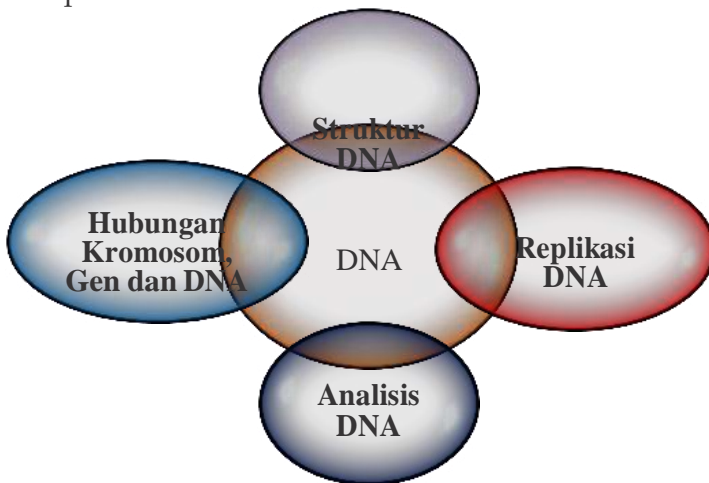
2) Analisis Siswa (*Learner Analysis*)

Analisis siswa merupakan telaah tentang karakteristik siswa yang sesuai dengan pengembangan perangkat pembelajaran (Thiagarajan, 1974). Karakteristik siswa yang ada di SMA Negeri 2 Tahuna dari gaya belajar ditemui

bahwa siswa cenderung termasuk *visual learners*, yakni siswa lebih mudah memahami materi jika mereka melihat contoh atau informasi atau pelajaran. Gaya belajar yang juga ditemui adalah *auditory learners*, yakni siswa senang melakukan interaksi dengan berdiskusi dan berkomunikasi dengan orang lain. Selain gaya belajar, siswa di SMA Negeri 2 Tahuna memiliki keterampilan khusus dalam bidang teknologi, dimana mereka dapat dan sudah terbiasa mengoperasikan komputer atau telepon genggam atau perangkat lainnya untuk mengakses berbagai informasi yang berkaitan dengan pembelajaran.

3) Analisis Konsep

Berdasarkan analisis konsep yang telah dilakukan, maka didapatkanlah konsep materi DNA yang dipelajari adalah seperti berikut :



Gambar 19. Konsep Materi DNA

4) Analisis Tugas

Berdasarkan hasil analisis tugas yang dilakukan di SMA Negeri 2 Tahuna dalam pembelajaran yang berkaitan dengan genetika yaitu dengan rincian materi: hubungan kromosom, gen dan DNA, struktur DNA, replikasi DNA, serta analisis DNA, maka dapat dirumuskan tugas-tugas yang harus dilakukan siswa adalah seperti pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Hasil Analisis Tugas

No.	Aspek	Tugas-Tugas
1.	Pengetahuan	a. Memahami hubungan kromosom, gen dan DNA b. Mendeskripsikan stuktur dan proses replikasi DNA c. Mengurutkan langkah analisis DNA
2.	Keterampilan Sosial	a. Mengajukan pertanyaan b. Mengajukan pendapat atau ide terhadap suatu masalah c. Mendiskusikan pendapat atau ide yang telah diajukan dengan siswa atau kelompok belajar lain
3.	Sikap / Nilai	a. Merasa senang saat belajar dengan menggunakan media pembelajaran b. Merasa senang dalam mengikuti pembelajaran biologi pada materi DNA

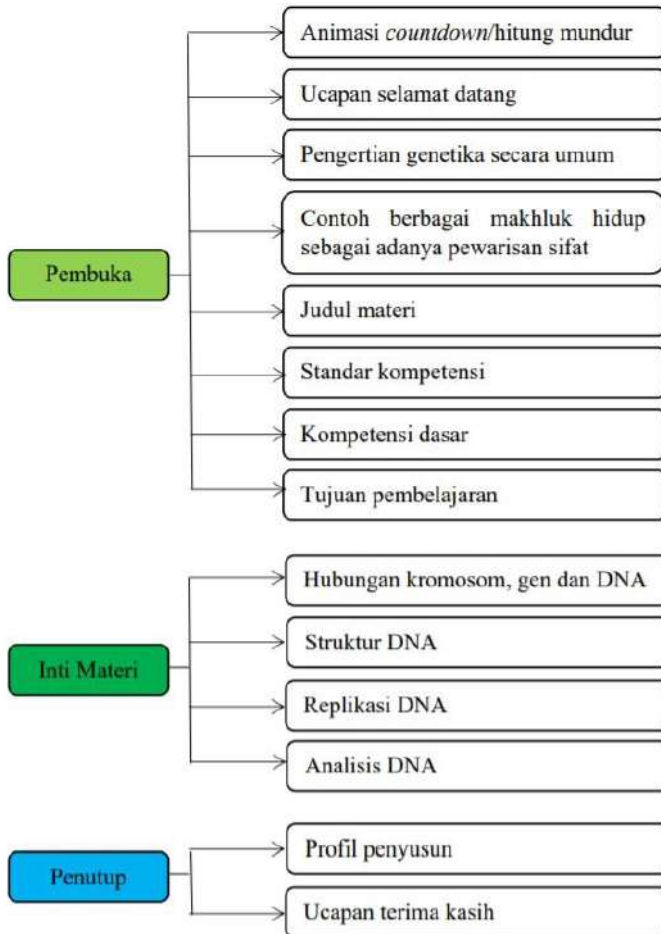
Tugas-tugas di atas, diterapkan pada saat proses pembelajaran materi DNA dengan menggunakan media audio visual berupa video pembelajaran dengan pendekatan saintifik.

5) Perumusan Tujuan

Tujuan dirumuskan dari hasil analisis konsep dan tugas berdasarkan standar kompetensi dan kompetensi dasar serta materi pembelajaran, maka tujuan pembelajaran adalah sebagai berikut :

- a. Siswa dapat mendeskripsikan hubungan sel, kromosom, gen dan DNA
- b. Siswa dapat mendeskripsikan struktur DNA
- c. Siswa dapat mendeskripsikan proses replikasi DNA
- d. Siswa dapat mengurutkan tahapan analisis DNA

Tahap 2. *Design* atau Perancangan. Sesuai dengan artinya tahap *design* ini merupakan tahap untuk membuat rancangan isi dalam media pembelajaran audio visual dan membuat rancangan tampilannya. Alur dari media pembelajaran berupa video ini terdiri dari bagian pembuka, inti materi dan penutup. Ketiga bagian tersebut terdiri dari bagian-bagian, yang dapat dilihat dalam bagan berikut ini :



Gambar 20. Bagan Desain Media Pembelajaran

Tahap 3. *Develop* atau Pengembangan. Pada tahap ini produk dikembangkan dengan uji kelayakan/validasi, revisi, dan uji coba hal tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan produk media pembelajaran sesuai dengan kebutuhan. Uji kelayakan atau validasi dalam tahap ini melibatkan ahli isi atau materi, ahli media pembelajaran, guru mata pelajaran, dan diuji cobakan pada kelompok kecil yang terdiri dari 10 orang siswa dari kelas XII IPA yang ada di SMA Negeri 2 Tahuna.

Tahap 4. *Disseminate* atau Penyebaran. Tahap penyebaran ini dilakukan dengan beberapa cara, yaitu menyebarkan secara langsung kepada siswa dalam kelompok kecil, dan video pembelajaran tersebut diupload ke youtube.com sehingga dapat diakses dengan mudah, dan diproduksi lewat CD kaset.

1. Kajian Produk Hasil Pengembangan Media Pembelajaran Audio Visual

Produk hasil dari pengembangan media pembelajaran ini adalah berupa media audio visual dalam bentuk video pembelajaran. Video ini dapat digunakan dengan praktis, karena dapat disimpan dalam *gadget* para siswa, sehingga mereka dapat belajar dimana saja dan kapan saja. Video pembelajaran ini dibuat dengan menggunakan perpaduan fungsi dari aplikasi *Microsoft Office PowerPoint 2013* dan *Camtasia Studio 8*.

Aplikasi *Ms. Office PowerPoint* digunakan untuk menampilkan teori-teori yang terkait dengan materi DNA. Pada umumnya jika kita mendengar kata “teori” yang terbesit hanyalah sebuah teks bacaan yang membosankan. Namun, dengan kecanggihan aplikasi yang satu ini membuat teori-teori yang ditampilkan menjadi lebih menarik karena adanya berbagai pilihan transisi (perpindahan *slide*) dan animasi yang bisa diatur sesuai dengan keinginan pemakainya. Penggunaannya pun sangatlah mudah, hanya ditambah dengan sedikit kreatifitas maka akan terciptalah sebuah hasil presentasi yang menarik.

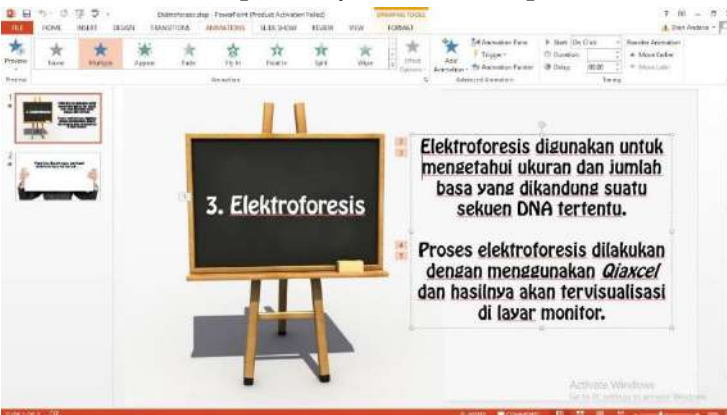
Berikut ini adalah beberapa tampilan hasil penggunaan aplikasi *Ms. Office PowerPoint* :



Gambar 21. Tampilan Sajian Materi Tahapan Analisis DNA



Gambar 22. Tampilan Sajian Materi Amplifikasi DNA



Gambar 23. Tampilan Sajian Materi Elektroforesis

Aplikasi *Camtasia Studio 8* digunakan untuk mengedit video, menambahkan musik latar/*background* dan merekam suara narasi. Hasil akhir dari penggunaan aplikasi *Camtasia Studio 8* ini adalah video pembelajaran yang dikembangkan. Adapun tampilan proses pembuatan video pembelajaran dengan aplikasi *Camtasia Studio 8* ini dapat dilihat dalam lampiran.

Video pembelajaran yang dihasilkan dapat digunakan dengan berbagai *media player* seperti *VLC*, *windows media player*, *GOM player*, *video player* dan *media player* lainnya, yang ada di komputer, laptop, tab ataupun handphone, sehingga guru mudah untuk mengoperasikannya dalam pembelajaran dan siswa dapat menjadikan video pembelajaran sebagai sumber belajar yang praktis. Selain itu video pembelajaran ini juga diproduksi menjadi kaset CD. Video ini memiliki durasi 25 menit 40 detik, dengan bagian-bagian seperti berikut:

a. Pembuka

Bagian ini terdiri dari animasi hitung mundur (*countdown*), ucapan selamat datang, pengertian genetika secara umum, contoh berbagai kelompok makhluk hidup sebagai adanya pewarisan sifat, judul isi atau materi pembelajaran, dan standar kompetensi (SK), kompetensi dasar (KD), serta tujuan pembelajaran yang akan dicapai.



Gambar 24. Tampilan *Countdown*



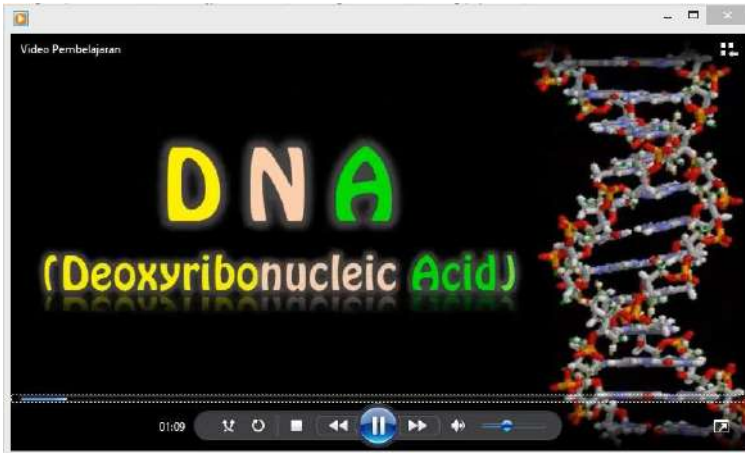
Gambar 25. Tampilan Selamat Datang



Gambar 26. Tampilan Pengertian Genetika



Gambar 27. Tampilan Contoh Pewarisan Sifat



Gambar 28. Tampilan Judul DNA



Gambar 29. Tampilan SK & KD



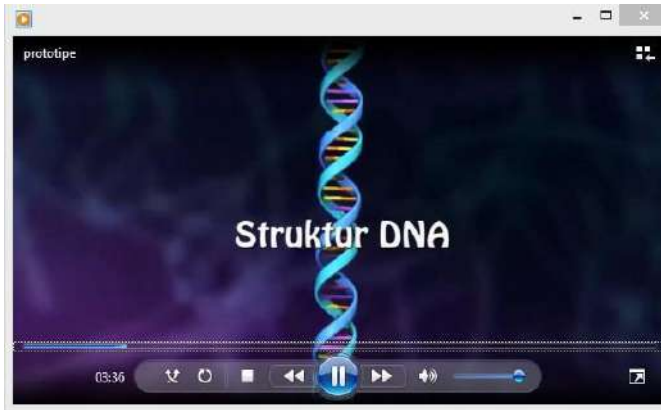
Gambar 30. Tampilan Tujuan Pembelajaran

b. Inti Materi

Bagian inti materi berisi runtutan materi sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Bagian ini menampilkan materi-materi tentang hubungan kromosom, gen dan DNA, struktur DNA, replikasi DNA, serta analisis DNA.



Gambar 31. Tampilan Judul Materi Kromosom Gen dan DNA



Gambar 32. Tampilan Judul Materi Struktur DNA



Gambar 33. Tampilan Judul Materi Replikasi DNA



Gambar 34. Tampilan Judul Materi Analisis DNA

c. Penutup

Bagian penutup berisi tentang profil penyusun, dan ungkapan terima kasih kepada pihak yang telah berpartisipasi dalam pembuatan media pembelajaran genetika ini.



Gambar 35. Tampilan Profil Penyusun



Gambar 36. Tampilan Ucapan Terima Kasih

2. Analisis Data Hasil Penilaian Produk

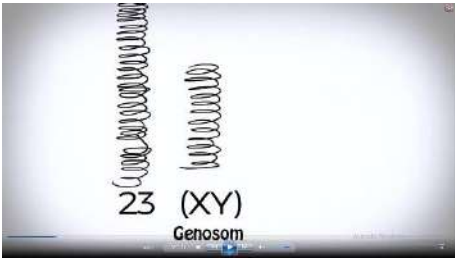




Penelitian ini melibatkan 4 subjek penilai, yaitu ahli isi atau materi, ahli media pembelajaran, guru mata pelajaran, dan uji kelompok kecil yang terdiri dari 10 orang siswa kelas XII IPA di SMA Negeri 2 Tahuna. Penilaian produk dimaksudkan untuk mendapatkan hasil kelayakan/kevalidan dari media pembelajaran yang dikembangkan. Proses penilaian dilakukan dengan mengisi instrumen penilaian berupa angket yang telah disiapkan oleh pengembang.

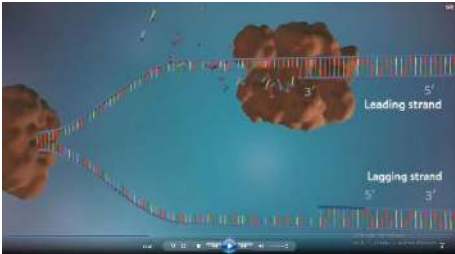

a. Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi

Ahli isi atau materi yang dipilih adalah Dr. Yermia S. Mokosuli, S.Si, M.Si. Dari hasil penilaian ahli isi atau materi didapatkanlah data, yang terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa data komentar, kritik dan saran dari ahli isi/materi terhadap produk yang dikembangkan dan data kuantitatif berupa data angka yang diperoleh melalui angket. Hasil penilaian dari ahli isi/materi dapat dilihat dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Kualitatif Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi



No.	Komentar, Kritik, Saran	Tampilan
1.	Gambar untuk dijadikan contoh makhluk hidup, harus diganti dengan gambar real/nyata agar siswa tidak salah mengenali struktur morfologi dari hewan-hewan tersebut.	

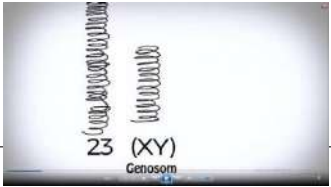
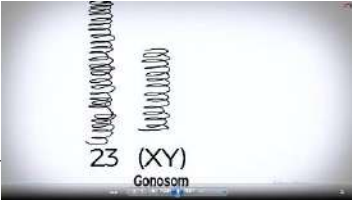






2.	Perhatikan setiap istilah. Contohnya anda salah menggunakan istilah yang seharusnya "gonosom", tetapi yang anda tampilkan dalam media adalah "genosom".	
3.	Jika menampilkan sel, maka jelaskan sel prokariotik atau eukariotik. Karena tidak semua jenis sel memiliki inti.	
4.	Beri arah letak komponen penyusun nukleotida.	
5.	Pengertian tentang replikasi DNA harus diperhatikan, ganti kata "DNA asal" dengan "DNA parental atau DNA induk".	
6.	Enzim DNA polimerase yang berperan saat replikasi DNA ada 3, jadi cantumkan enzim DNA polimerase berapa yang terlibat di bagian-bagian tertentu.	

7.	Berikan ciri-ciri dari leading strand dan lagging strand.	
8.	PCR (Polymerase Chain Reaction) adalah metode, bukan teknik. Ganti penulisan teknik PCR dengan metode PCR.	

Setelah mendapat komentar, kritik dan saran seperti yang tertera pada tabel 4.5, selanjutnya media pembelajaran direvisi. Hasil revisi tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Revisi Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi

Aspek Nomor	Tampilan	
	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1		

		
2		
3		
4	<p style="text-align: center;">Replikasi DNA</p> <p style="text-align: center;">Replikasi DNA adalah proses reproduksi atau penggandaan DNA, yang hasilnya sama persis dengan DNA asal</p>	<p style="text-align: center;">Replikasi DNA</p> <p style="text-align: center;">Replikasi DNA adalah proses reproduksi atau penggandaan DNA, yang hasilnya sama persis dengan DNA induk/parental</p>
5		
6		

7		
8		

Selain data kualitatif di atas, dari penilaian ahli isi/ materi diperoleh juga data kuantitatif melalui angket sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data Kuantitatif Hasil Penilaian Ahli Isi atau Materi

No.	Kriteria	Skor
1.	Kejelasan tujuan pembelajaran	5
2.	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran	5
3.	Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan media	5
4.	Kesesuaian media dengan karakteristik siswa	4
5.	Kesesuaian media dengan karakteristik materi	4
6.	Kesesuaian judul materi dengan materi yang disajikan	5
7.	Kemudahan memahami materi dalam media	4
8.	Kejelasan uraian materi	5
9.	Kedalaman materi	4
10.	Keruntutan penyajian materi	5
11.	Kemudahan memahami ilustrasi media	4

12.	Daya dukung program terhadap pembelajaran	4
13.	Media dapat digunakan kapan saja	5
14.	Ketepatan contoh gambar yang diberikan untuk memperjelas materi	5
15.	Kesesuaian materi dengan perkembangan TIK	3
16.	Ketepatan penulisan ejaan dan istilah	4
17.	Penggunaan bahasa dalam sajian materi	4
18.	Kesesuaian bahasa percakapan	4
19.	Media pembelajaran menarik perhatian siswa	4
20.	Media pembelajaran memudahkan penyampaian materi	5
TOTAL		88

Dari hasil penilaian ahli isi/materi terhadap media pembelajaran audio visual di atas, diperoleh total keseluruhan hasilnya adalah 88. Data angka yang diperoleh ini, selanjutnya dihitung untuk mendapatkan prosentase tingkat kelayakan media dengan rumus sebagai berikut :

$$P S = \frac{S}{N} \cdot 100\%$$

$$P S = \frac{88}{100} \cdot 100\%$$

$$P S = 88\%$$

Dari perhitungan prosentase hasil penilaian dari ahli isi/materi di atas, dilihat dari aspek pembelajaran, materi, dan manfaat, maka diperoleh prosentase 88%. Selanjutnya hasil prosentase ini dicocokkan dengan kriteria tingkat kelayakan pada tabel 3.2 dan hasilnya media pembelajaran audio visual dalam bentuk video pembelajaran ini termasuk dalam kualifikasi “tinggi” dengan keterangan “layak, tidak perlu direvisi”.

b. Hasil Penilaian Ahli Media

Berdasarkan hasil penilaian ahli media pembelajaran oleh Dr. Meike Paat, M.Pd, didapatkan data kuantitatif melalui angket sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data Kuantitatif Hasil Penilaian Ahli Media Pembelajaran

No.	Kriteria	Skor
1.	Kemudahan pengoperasian media pembelajaran	5
2.	Kualitas gambar layak digunakan	4
3.	Kualitas video layak digunakan	4
4.	Kualitas tampilan layar	4
5.	Komposisi warna tampilan media	4
6.	Konsistensi tata letak (layout) tampilan media	4
7.	Ketepatan pemilihan jenis huruf	5
8.	Ketepatan pemilihan ukuran huruf	5
9.	Keterbacaan teks	5
10.	Kesesuaian warna teks terhadap background	4
11.	Kesesuaian penggunaan bahasa terhadap objek media	4
12.	Tidak terdapat penafsiran ganda dari bahasa yang digunakan	4
13.	Kejelasan pelafalan bahasa asing	5
14.	Ketepatan intonasi percakapan	4
15.	Kesesuaian volume intonasi suara	3
16.	Ketepatan penggunaan musik/background media	5
17.	Kejelasan suara video	4
18.	Tampilan media menarik perhatian siswa	4
19.	Media pembelajaran dapat digunakan kapan saja	4
20.	Durasi video sesuai untuk pembelajaran	4
TOTAL		85

$$P S = \frac{S}{N} \cdot 100\%$$

$$P S = \frac{85}{100} \cdot 100\%$$

$$P S = 85\%$$

Dari hasil penilaian ahli media terhadap media pembelajaran audio visual di atas, diperoleh total keseluruhan hasilnya adalah 85. Data angka yang diperoleh ini, selanjutnya dihitung untuk mendapatkan prosentase tingkat kelayakan media dengan rumus sebagai berikut :

Hasil penilaian dari ahli media pembelajaran di atas, menunjukkan perolehan skor dengan prosentase 85%. Selanjutnya hasil prosentase ini dicocokkan dengan kriteria tingkat kelayakan pada tabel 3.2 dan hasilnya media pembelajaran audio visual dalam bentuk video pembelajaran ini termasuk dalam kualifikasi “tinggi” dengan keterangan “layak, tidak perlu direvisi”.

c. Hasil Penilaian Guru Mata Pelajaran

Hasil penilaian pruduk media pembelajaran oleh guru mata pelajaran biologi di SMA Negeri 2 Tahuna yaitu oleh ibu Ruth E. Radangkilat, S.Pd, dinyatakan bahwa produk media layak digunakan dalam proses pembelajaran. Penilaian dilakukan dengan mengisi angket yang di dalamnya terdapat 2 aspek penilaian yaitu aspek materi dan aspek media, dengan skor total sebagai data kuantitatif seperti berikut ini :

Tabel 4.8 Data Kuantitatif Hasil Penilaian Guru Mata Pelajaran

No.	Kriteria	Skor
1.	Kejelasan tujuan pembelajaran	5
2.	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran	5
3.	Kesesuaian media dengan karakteristik siswa	5
4.	Kesesuaian media dengan karakteristik materi	5
5.	Kemudahan memahami materi dalam media	4
6.	Kejelasan uraian materi	4
7.	Kedalaman materi	5
8.	Keruntutan penyajian materi	5
9.	Kemudahan memahami ilustrasi media	5
10.	Media dapat digunakan kapan saja	3
11.	Ketepatan contoh gambar yang diberikan untuk memperjelas materi	5
12.	Ketepatan penulisan ejaan dan istilah	5
13.	Penggunaan bahasa dalam sajian materi	4
14.	Kesesuaian bahasa percakapan	4
15.	Media pembelajaran memudahkan penyampaian materi	5
16.	Kemudahan pengoperasian media pembelajaran	5
17.	Kualitas gambar layak digunakan	4
18.	Kualitas video layak digunakan	4
19.	Kualitas tampilan layar	4
20.	Ketepatan pemilihan jenis dan ukuran huruf	5
	21. Keterbacaan teks	5
22.	Kesesuaian warna teks terhadap background	4
23.	Kesesuaian penggunaan bahasa terhadap objek media	5

24.	Tidak terdapat penafsiran ganda dari bahasa yang digunakan	5
25.	Kejelasan pelafalan bahasa asing	5
26.	Ketepatan intonasi percakapan	4
27.	Ketepatan penggunaan musik/backsound media	4
28.	Kejelasan suara video	3
29.	Tampilan media menarik perhatian siswa	4
30.	Durasi video sesuai untuk pembelajaran	3
TOTAL		133

Berdasarkan hasil penilaian dari guru mata pelajaran di atas, diperoleh total keseluruhan hasilnya adalah 133. Dari data angka yang diperoleh ini, maka didapatkan prosentase tingkat kelayakan media pembelajaran genetika adalah sebagai berikut :

Dari perhitungan prosentase hasil penilaian guru mata pelajaran, maka diperoleh prosentase 88,67%. Selanjutnya hasil prosentase ini dicocokkan dengan kriteria tingkat kelayakan pada tabel 3.2 dan hasilnya media pembelajaran audio visual dalam bentuk video pembelajaran ini termasuk dalam kualifikasi “tinggi” dengan keterangan “layak, tidak perlu direvisi”.

d. Hasil Uji Kelompok Kecil

Uji kelompok kecil melibatkan 10 orang siswa yang diambil secara acak dari kelas XII IPA di SMA Negeri 2 Tahuna. Dengan skor hasil dari masing-masing siswa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Uji Kelompok Kecil

Siswa Ke	Nama Siswa	Skor
1	Achmad Suryadi Mustir	41
2	Conny Christine Lametige	45
3	Deddi R. Makasaeha	46
4	Gesi Mansiri	43
5	Julianto M. Manansang	43
6	Juranli Pangisian	42
7	Kiflyanus Karji	36
8	Rahayu Umar	44
9	Sarah V. Betah	46
10	Stelly D.	45
TOTAL		431

Berdasarkan hasil penilaian dari kelompok kecil di atas terhadap media pembelajaran genetika, diperoleh total keseluruhan hasilnya adalah 431. Dari data angka yang diperoleh, maka didapatkan prosentase tingkat kelayakan media pembelajaran genetika adalah sebagai berikut :

$$P S = \frac{S}{N} \cdot 100\%$$

$$P S = \frac{431}{500} \cdot 100\%$$

$$P S = 86,2\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan prosentase penilaian dari kelompok kecil di atas, maka diperoleh skor 86,2%. Selanjutnya hasil prosentase ini dicocokkan dengan kriteria tingkat kelayakan pada tabel 3.2 dan hasilnya media pembelajaran audio visual dalam bentuk video pembelajaran ini termasuk dalam kualifikasi “tinggi” dengan keterangan “layak, tidak perlu direvisi”.

5.3. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk membuat media pembelajaran audio visual dengan melibatkan proses analisis DNA di dalamnya. Pembuatan media pembelajaran audio visual ini menggunakan model pengembangan 4D, yang hasil akhirnya adalah berupa media yang baik dan layak digunakan. Sehingga media pembelajaran dapat digunakan oleh guru dan siswa agar dapat meningkatkan kualitas pembelajaran.

Langkah-langkah pembuatan dan pengembangan media pembelajaran audio visual dengan melibatkan proses analisis DNA terbagi menjadi 5 bagian yaitu 1. Pembuatan isi media; 2. Tahap *define*; 3. Tahap *design*; 4. Tahap *develop*; & 5. Tahap *disseminate*.

1 Pembuatan Isi Media. Isi dalam media pembelajaran yang dikembangkan terdiri dari materi DNA yang diajarkan di sekolah serta ditambah dengan proses analisis DNA. Materi DNA dalam media pembelajaran ini diadopsi dari berbagai sumber belajar yang dirangkum sedemikian rupa sehingga menjadi sebuah materi dengan bahasa yang tepat dan mudah dipahami. Selanjutnya penambahan proses analisis DNA ke dalam isi media dilakukan dengan mempraktikkan proses tersebut secara langsung di Laboratorium Biokativitas dan Biomolekuler UNIMA. Proses analisis DNA meliputi 4 tahapan utama, yaitu ekstraksi dan purifikasi DNA, amplifikasi DNA, elektroforesis dan sekuensing. Berdasarkan praktikum yang telah dilakukan pada tahap ekstraksi dan purifikasi DNA didapatkan ekstrak DNA dengan

tingkat kemurnian 2,28, setelah itu dilanjutkan ke tahap amplifikasi DNA atau penggandaan DNA dengan menggunakan metode PCR yang prosesnya melibatkan mesin *Retongene (Qiagen)* yang terhubung dengan program komputer dan hasilnya didapatkan melalui proses elektroforesis yang merupakan visualisasi hasil PCR dengan menggunakan mesin *Automatic Electrophoresis* yang menunjukkan bahwa hasil penggandaan DNA terjadi dengan baik. Selanjutnya tahap akhir dari analisis DNA yaitu sekuensing. Pada tahap ini didapatkan urutan nukleotida yang menjadi penentu spesies. Dan berdasarkan hasil sekuensing diketahui bahwa DNA mitokondria lalat buah yang dianalisis adalah spesies *Drosophila ananasae*.

Penambahan proses analisis DNA sebagai isi media pembelajaran bertujuan untuk mengkonkretkan konsep DNA yang biasanya dipelajari di sekolah-sekolah. Konsep tersebut diantaranya materi struktur DNA, umumnya siswa mengenal stuktur DNA melalui animasi *double helix* namun dengan adanya proses analisis DNA tahap ekstraksi siswa dapat melihat bentuk DNA secara langsung. Bentuk DNA yang dilihat secara langsung dengan mata yaitu berupa cairan bening, cairan inilah yang nantinya jika dilihat dengan alat maka akan terlihat struktur *double helix*nya. Selain konsep tentang struktur DNA, konsep lainnya yang juga dapat dikonkretkan melalui analisis DNA adalah konsep replikasi semikonservatif DNA. Konsep ini diterapkan melalui proses amplifikasi atau penggandaan DNA dengan menggunakan metode PCR yang hasil pengaandaanya terlihat dalam proses elektroforesis.

2 Tahap *Define*. Tahap *define* merupakan tahap pendefinisian dan penetapan syarat-syarat pembelajaran. Tahap ini mencakup 5 langkah, yaitu: 1. analisis ujung depan (*front-end analysis*) yang bertujuan untuk menetapkan masalah dasar yang dihadapi dalam pembelajaran, sehingga diperlukan pengembangan bahan ajar ataupun media pembelajaran yang nantinya akan menjadi alternatif

penyelesaian masalah dasar (Tiangarajan, 1974). Berdasarkan observasi dan wawancara terhadap siswa dan guru yang ada di SMA Negeri 2 Tahuna diketahui bahwa proses pembelajaran berlangsung secara konvensional karena materi yang bersifat abstrak, media pembelajaran pun kurang dimanfaatkan oleh guru, hal tersebut sangat disayangkan sebab sekolah tersebut memiliki fasilitas yang cukup memadai untuk mendukung media pembelajaran bahkan untuk media pembelajaran yang menggunakan kecanggihan teknologi. Fasilitas yang ada yakni LCD proyektor, serta adanya layanan wifi gratis yang diperuntukan kepada masyarakat sekolah. Hal ini mendasari pembuatan dan pengembangan media pembelajaran audio visual berupa video di SMA Negeri 2 Tahuna. Tahap *define* yang kedua adalah analisis siswa.

3 Tahap *Design*. *Design* atau perancangan berisi alur media pembelajaran yang akan dikembangkan, yakni terbagi dalam 3 bagian utama yaitu pembuka, inti materi, dan penutup. Ketiga bagian ini terbagi lagi ke dalam sub bagian seperti yang tertera dalam gambar 4.5.

4 Tahap *Develop*. Pada tahap ini dilakukan uji kelayakan/validitas terhadap produk media yang telah sebagai langkah pengembangan. Uji kelayakan/validitas ini dilakukan oleh ahli isi/materi, ahli media pembelajaran, guru mata pelajaran, dan uji kelompok kecil dengan angket sebagai instrumen penilaian. Berdasarkan hasil dari masing-masing subjek uji coba, maka diperoleh hasil uji kelayakan/validasi dari ahli isi/materi adalah 88%, ahli media pembelajaran adalah 85%, guru mata pelajaran adalah 88,67%, dan hasil uji kelompok kecil adalah 86,2%. Dari data-data di atas diketahui bahwa produk media audio visual berupa video pembelajaran memiliki kualifikasi tingkat kelayakan/validitas tinggi dengan keterangan layak tidak perlu direvisi. Jadi, media pembelajaran audio visual ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

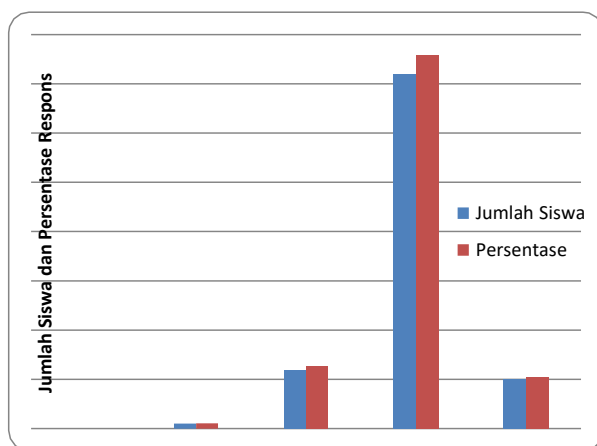
5 Tahap *Disseminate*. Tahap ini dilakukan dengan menyebarkan video secara langsung kepada siswa melalui kegiatan uji kelompok kecil, youtube, dan diproduksi melalui kaset CD. Penyebaran melalui kegiatan uji kelompok kecil dilakukan saat pengembang melakukan penelitian di sekolah. Penyebaran melalui youtube dilakukan agar siswa dapat mengakses media tersebut dimana saja.

Meskipun produk media pembelajaran ini dikembangkan dengan sebaik mungkin, namun masih memiliki keterbatasan, diantaranya media tidak dapat digunakan jika pengguna tidak memiliki perangkat elektronik seperti komputer ataupun telepon genggam, dan juga media memiliki durasi yang terlalu panjang.

5.4. Penerapan Media Audio Visual Analisis DNA Lalat Buah Nenas di SMA

1. Aktivitas Siswa

Data aktivitas siswa diperoleh dengan menggunakan lembar observasi aktivitas siswa yang dilakukan oleh observer. Hasil observasi aktivitas siswa selama proses pembelajaran berlangsung pada tiga kelas yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.



Aktivitas belajar siswa selama proses pembelajaran materi DNA menggunakan media audio visual dengan pendekatan *reciprocal teaching* menunjukkan hasil yang baik. Dari **Tabel 7**, persentase aktivitas siswa dari tiga kelas yang diteliti telah memenuhi indikator efektivitas pembelajaran yang ditentukan yaitu $\geq 75\%$ siswa berada dalam kategori keaktifan tinggi dan sangat tinggi.

Hasil belajar

Aspek	Jumlah siswa
Nilai tertinggi	92.45
Nilai terendah	72.40
Nilai rata-rata	83.56
Jumlah siswa	95.00
Jumlah individu tuntas	92.00
Ketuntasan belajar	96.84

Keberhasilan dalam penelitian ini adalah sebanyak $\geq 75\%$ siswa memperoleh nilai hasil belajar minimal 70. Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa penerapan media **audio visual** pada materi DNA telah menunjukkan hasil yang cukup bagus, baik dilihat dari nilai rata-rata maupun persentase ketuntasan belajar.

Respons Siswa Terhadap Pembelajaran

Tanggapan siswa terhadap kegiatan pembelajaran diperoleh melalui angket dengan responden seluruh siswa yang menggunakan media audio visual dengan pendekatan *reciprocal teaching* pada materi Pertumbuhan dan Perkembangan. Angket tanggapan siswa diberikan pada saat akhir pembelajaran. Ringkasan hasil angket tanggapan siswa terhadap proses pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Analisis hasil angket tanggapan siswa terhadap pembelajaran pada materi Substansi Genetika menggunakan media audio

No	Aspek yang diamati	Jumlah siswa	persentasi
1	Siswa tertarik mengikuti pembelajaran	45	87
2	Siswa menjadi mudah dalam belajar materi yang sudah diajarkan	45	90
3	Siswa lebih memahami materi	45	90
4	Siswa menyukai suasana kelas saat pembelajaran	45	90
5	Siswa termotivasi mengikuti pembelajaran	45	90
6	Siswa setuju hasil diskusi dipresentasikan Siswa lebih kuat ingatannya tentang materi	45	90
7	Siswa merasa senang belajar secara kelompok/diskusi	45	90
8	Persentase tanggapan siswa sangat baik	45	90
9	Persentase tanggapan siswa baik	45	90
10	Persentase tanggapan siswa cukup baik, kurang baik, jelek	45	90

Berdasarkan Tabel 10, siswa memberikan tanggapan sangat baik terhadap proses pembelajaran menggunakan media audio visual dengan pendekatan *reciprocal teaching*. Dari ketiga kelas tersebut tidak ada yang memberikan tanggapan dengan kriteria jelek, kurang baik dan cukup baik terhadap pembelajaran yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa tertarik dengan pembelajaran yang dilakukan

Respons Guru

Tabel 11 Tanggapan guru terhadap pembelajaran pada materi Substansi Genetika menggunakan media audio visual

No	Pernyataan	Tanggapan
	Kesan terhadap pembelajaran	Cukup bagus karena pembelajaran yang telah dilaksanakan mampu membuat siswa aktif dan hasil belajarnya juga bagus, siswa juga sepertinya merasa tertarik
	Motivasi siswa selama pembelajaran	Mampu membuat siswa termotivasi untuk belajar
	Aktivitas dan hasil belajar siswa selama pembelajaran	Siswa menjadi aktif dan hasil belajar menjadi lebih baik
	Kesulitan atau hambatan terhadap proses pembelajaran	Sulit membuat siswa untuk berdiskusi dengan cepat, karena siswa tidak terbiasa berdiskusi, agak sedikit repot dalam menyiapkan media
	Kelebihan dan kelemahan terhadap pembelajaran	Kelebihan: siswa merasa tertarik belajar dengan menggunakan media apalagi seperti melihat video/animasi pembelajaran, siswa juga merasa senang karena dapat berdiskusi kelompok. Kelemahan: sedikit sulit dalam pembagian waktu, apalagi dengan media butuh waktu dalam menyiapkan terlebih dahulu
	Ketertarikan untuk menerapkan pembelajaran pada materi yang lain	Tertarik untuk dapat digunakan pada materi biologi yang lain, karena sebelumnya belum pernah menerapkan pembelajaran yang seperti ini

Tabel 12 Rekapitulasi hasil penelitian efektivitas penerapan media audio visual

Responden	Aktivitas Belajar Siswa	Hasil Belajar Siswa	Respons Siswa	Respons Guru
Persentasi Kriteria	88,23 Sangat tinggi	90 Tuntas	92 Sangat baik	90 Sangat baik

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Lalat buah isolat nenas dari Kotamobagu memiliki tingkat kemiripan terdekat dengan *Drosophila pseudoannanasae* [AY757280].
2. Penerapan media **audio visual** pada materi DNA telah menunjukkan hasil yang cukup bagus, baik dilihat dari nilai rata-rata maupun persentase ketuntasan belajar.

PRAKTIKUM : Identifikasi lalat buah (*Drosophila sp*)

Tujuan : Untuk menentukan jenis (species) lalat buah.
 Alat : Mikroskop binokuler, Kaca arloji, Jarum oase
 Bahan : Lalat buah (*Drosophila sp*), Kapas, Alkohol

Prosedur Kerja:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan.
2. Membius *Drosophila* dengan alkohol atau kloroform (kapas direndam dalam alkohol atau kloroform)
3. Meletakkan *Drosophila* di atas gelas arloji.
4. Mengamati dan menggambar bentuk sayap, kepala, abdomen dan bagian-bagian lainnya di bawah mikroskop binokuler.
5. Membandingkan ciri-ciri lalat buah tersebut dengan ciri-ciri yang terdapat pada buku identifikasi.
6. Menentukan jenis lalat buah yang diamati dan menganalisisnya berdasarkan buku identifikasi (buku identifikasi lalat buah dapat ditelusuri di google scholar)

Pengamatan Gambar hasil pengamatan dengan mikroskop : <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Kepala</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Abdomen</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Sayap</div>
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Kepala</div>	Gambar hasil pengamatan di mikroskop <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Abdomen</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 80px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Sayap</div>

Gambar pembandingan dari literatur / web

BAB
6**PENUTUP****6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengembangan media pembelajaran audio visual dalam bentuk video ini melalui 5 tahapan, yaitu pembuatan isi atau materi dengan pemabahan proses analisis DNA, tahap *define* yang merupakan tahap pendefinisian yang di dalamnya termasuk identifikasi masalah yang menjadi dasar perlu adanya pengembangan media, analisis siswa, konsep, tugas dan perumusan tujuan. Tahap *design* untuk merancang isi dan tampilan media pembelajaran. Tahap *develop* dilakukan melalui pengisian angket oleh ahli isi/ materi, ahli media, guru mata pelajara, dan kelompok kecil untuk menguji kelayakan atau validitas produk. Serta tahap akhir yaitu *disseminate* atau penyebaran produk hasil agar bisa digunakan secara masal.

2. Hasil uji kelayakan/ validasi media pembelajaran oleh ahli isi/materi adalah 88%, ahli media adalah 85%, guru mata pelajaran adalah 88,67%, dan kelompok kecil 86,2%. Keempat data tersebut termasuk dalam kualifikasi “tinggi” dengan keterangan “layak tidak perlu direvisi”. Jadi media pembelajaran audio visual dalam bentuk video ini dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran.
3. Media pembelajaran memiliki keterbatasan yaitu, media tidak dapat digunakan jika pengguna tidak memiliki perangkat elektronik seperti komputer ataupun telepon genggam, dan juga media memiliki durasi yang terlalu panjang.

6.2. Saran

Penggunaan media pembelajaran genetika ini dalam proses pembelajaran baiknya menggunakan LCD proyektor agar siswa fokus ke penjelasan guru di depan kelas, bukannya sibuk dengan perangkat elektronik masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggereini E. 2008. Random amplified polymorphic DNA (RAPD), suatu metode analisis DNA dalam menjelaskan berbagai fenomena biologi. *J. Biosp.* 1(2):73-76. -----
- Asokan R, Khrisna Kumar NK, & Verghese A. 2007. Molecular identification of fruit flies *Bactrocera* spp. (Diptera: Tephritidae) using mitochondrial cytochrome oxidase I. *Curr. Sci.* 93(12): 1668- 1669.
- Asrida E & Susilo FX. 2001. Respons berbagai jenis lalat buah belimbing terhadap pembungkusan buah. *J. Pen S. Tek.* 7(1): 76-86.
- Bahagiawati & Rijzaani H. 2005. Pengelompokan biotipe wereng cokelat berdasarkan hasil PCR-RAPD. *J. Hayati* 12(1):1-6.
- Drew RAI. 1989. The tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) of the Australasian and Oceanian regions. *J. Mem. Qd Mus.* 26: 1.
- Drew RAI & Hancock DL. 1994. The *Bactrocera dorsalis* Complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae : Dacinae) in Asia. *Bulletin of Entomological Research: Supplement Series Number 2*. In Supplement 2. Departement of Primary Industries. Australia. 11-13.
- Fatchiyah & Estri LA. 2011. *Pelatihan analisis fingerprinting DNA tanaman dengan metode RAPD balai besar perbenihan dan proteksi tanaman perkebunan (BBP2TP) Surabaya*. Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH). Universitas Brawijaya. 4 - 6 Juli 2011.
- Gawel NJ & Bartlett AC. 1993. Characterization of differences between whiteflies using PCRRAPD. *J. Insect Mol. Biol.* 2(1):33-38.
- Goodwin RH, Xue BG, Kuske CR, & Sears MK. 1994. Amplication of plasmid DNA to detect plant pathogenic mycoplasma like organisms. *J. Ann. Appl. Biol.* 124:27-36.
- Ginting R. 2009. *Keanekaragaman lalat buah (Diptera : Tephritidae) di*

- Jakarta, Depok dan Bogor sebagai bahan kajian penyusunan analisis risiko hama. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Griffith University, Brisbane, Australia dan Ministry of Agriculture, Republic of Indonesia. 2008. Second training workshop on fruit flies of Indonesia: Their Identification and Pest Status. 10-14 March 2008.
- Heckel DT. 1995. Randomly amplified polymorphic DNA differences between strains of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) susceptible or resistant to *Bacillus thuringiensis*. *J. Ann. Entomol. Soc. Am.* 88 (4): 20 - 34.
- Manuahe, C., Mokusuli, YS., & Yani, V. I. (2016). Optimization of DNA extraction and the position of mosquito Species from southeast minahasa in North sulawesi using NADH dehydrogenase Gene and Cytochrome oxidase Sub Unit 1 Gene. *DNA (Kaunang, 2014; Mokusuli, 2013)*, 14, 16.
- Semuel, M. Y., & Repi, R. A. (2015). The characteristics of bioactive peptides and antibacterial activity of honey bee (*Apis nigrocincta*) smith venom, endemic to Sulawesi. *Molekul*, 10(2), 129-134.
- Kanan, M., Salaki, C., & Mokusuli, Y. S. (2020). Molecular Identification of Bacterial species from *Musca domesfica* L. and *Chrysomya megachepala* L. *Luwuk City, Central Sulawesi, Indonesia. J Pure Appl Microbiol*, 14(2), 1595-1607.
- Muryati, A. Hasyim, dan W.J. de Kogel. 2007. Distribusi spesies lalat buah di Sumatera Barat dan Riau. *Jurnal Hortikultura* 17(1): 61-68
- Sumampouw H. 2012. Pembelajaran Genetika Berbasis RQA. Sunandard Pres\
- Sumampouw H. 2011. Kajian Pembelajaran Genetika Berbasis Metakognitif, KPS dan Berpikir Tingkat Tinggi Serta Retensi Pada Mahasiswa S1 dan S2 Biologi Universitas Negeri Malang. [Disertasi Doktor]. Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

- Rotty, I. E., Pinontoan, O., Tulung, M., Rumengan, I., & Mocosuli, Y. S. (2018). Molecular identification of house fly, *Musca domestica* L.(Diptera: Muscidae), using mitochondrial DNA partial genes cytochrome oxidase sub unit 1 (CO1) in Manado city. *International J Entomol Research*, 3(2), 168-176.
- ROMBOT, DINA; PELEALU, JANTJE; SEMUEL, MOKOSULI YERMIA. " The diversity and composition of new pathogenic bacteria in cat fleas. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 2021, 13.2.
- Wurarah, M., & Semuel, M. Y. (2019). European Journal of Health and Biology Education. *Development*, 8(1).
- Timah, S., & Mocosuli, Y. S. (2017). Morphometry and Phylogeny reconstruction *Aedes* sp. based DNA Mitochondrial cytochrome oxidase gene sub unit 1 (CO1) in North Sulawesi. *International Journal of Mosquito Research*, 4(3), 98-106.
- Sumampouw, H. M., Mocosuli Y. S., & Oka, D. N. (2017). Analysis of cythochrome oxidase sub unit 1 Gene (CO1) of fruit fly (*Drosophila* sp.) from pineapples and application in teaching DNA in Senior high school. *International Journal of Advanced Education and Research*, 2(2), 71-77.
- Wurarah, M., & Semuel, M.Y. (2019). Development Of Audio Visual Learning Mediaof Biology On The Concept Of DNA, Based On The Results Of Molecular Identification Of Payangka Fish From Lake Tondano. *European Journal of Health and Biology Education*, 8(1), 1-17.
<https://doi.org/10.12973/ejhbe.8.1.1>

TENTANG PENULIS



Dr. Yermia Semuel Mocosuli, SSI, MSi bekerja sebagai dosen pegawai negeri sipil di Universitas Negeri Manado. Pendidikan S1 diselesaikan pada program studi S1 Biologi FMIPA Unima tahun 2003 (sebagai lulusan pertama). Selanjutnya Pendidikan Program Magister diselesaikan pada program studi S2 Biokimia IPB

Bogor. Pendidikan S3 diselesaikan pada Program Studi Entomologi Universitas Sam Ratulangi Manado dengan minat riset entomologi Kesehatan. Mulai Program S1 sampai dengan S2, lulus dengan predikat cum laude. Beberapa karya tulis yang telah diselesaikan antara lain : Penuntun praktikum mikrobiologi, Buku Ajar Mikrobiologi Dasar, Penuntun praktikum biokimia dasar, Modul Evolusi, Buku Ajar Genetika, Buku Ajar Biologi Molekuler dan Buku Ajar dapat ditelusuri pada google scholar dan sinta. Penulis juga aktif dalam Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang dibiayai oleh DRPM Litabmas Kemristekbrin. Publikasi jurnal ilmiah dapat ditelusuri pada google scholar, researchgate, scopus dan sinta.



Prof. Dr. Herry Maurits Sumampouw, MPd adalah guru besar bidang Pendidikan biologi pertama di Universitas Negeri Manado. Beliau telah menghasilkan banyak karya ilmiah antara lain : Genetika Lanjut, Pembelajaran Strategi RQA, Panduan Praktikum Mikrobiologi, karya ilmiah buku ajar dan referensi dapat ditelusuri di google scholar dan sinta. Saat ini

menjabat sebagai kepala UPT PPL Universitas Negeri Manado dan Ketua Himpunan Peneliti Pendidik Biologi Indonesia, Wilayah Sulawesi Utara. Selain bertugas sebagai dosen pada program studi S1 dan S2 Biologi, S2 Pendidikan IPA, S3 Manajemen Pendidikan, juga dipercaya sebagai reviewer fungsional calon guru besar, reviewer jurnal bereputasi. Aktif dalam berbagai penelitian baik yang dibiayai skim PNPB Unima maupun DRPM Kemristekbrin. Publikasi jurnal ilmiah dapat ditelusuri pada google scholar, researchgate, scopus dan sinta.



Dr. Masye Wurarah, MSi bekerja sebagai dosen pegawai negeri sipil Universitas Negeri Manado. Sebagai staf dosen pada program studi Pendidikan biologi. Beberapa mata kuliah yang diampuh antara lain, evaluasi pembelajaran biologi, metode penelitian biologi, biologi laut, limnologi (S2), analisis vegetasi (S2).

Beberapa karya ilmiah yang telah dihasilkan antara lain Pembelajaran Biologi berbasis Biodiversitas Danau Tondano (Luaran Penelitian Pengembangan DRPM Kemristekbrin), Analisis vegetasi, Panduan

Praktikum Biologi dll. Saat ini menjabat sebagai Pembantu Dekan III FMIPA Universitas Negeri Manado. Sebelumnya beliau pernah menjabat sebagai ketua program studi biologi dan asisten direktur IV program pascasarjana Unima. Publikasi jurnal ilmiah dapat ditelusuri pada google scholar, researchgate, scopus dan sinta.