

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*)

Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) merupakan nematoda usus terbesar yang hidup dan berkembang biak sebagai parasit di rongga usus halus tubuh manusia. Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) betina memiliki ukuran yang lebih besar dibanding cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) jantan. Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) betina mampu menghasilkan telur cacing dengan jumlah sekitar 200.000 telur yang dibuahi (fertil) setiap hari. Telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) berkembang menjadi tahap infeksi di dalam tanah yang dapat bertahan hidup hingga beberapa tahun dengan kondisi suhu yang ekstrem dan kering. Infestasi yang disebabkan oleh cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) menyebabkan penyakit askariasis cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) hidup di sistem pencernaan manusia (Phuphisut *et al.*, 2022).

Penyakit askariasis mengakibatkan adanya perubahan patologi yang apabila telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) tertelan manusia melalui makanan yang terkontaminasi, kemudian di dalam usus halus telur akan menetas dan menjadi larva, lalu masuk ke paru-paru setelah itu menembus dinding usus. Larva cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) bermigrasi ke paru-paru manusia sehingga mengakibatkan *Sindrom Loeffler*. Apabila penderita mengalami hiperinfeksi atau infeksi askariasis yang tergolong berat dapat menyebabkan anemia akibat kurang gizi karena penyerapan protein yang berlebihan (Rachmawati *et al.*, 2023).

a. Klasifikasi

Klasifikasi cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*), menurut NCBI (2020):

Kingdom : Animalia

Phylum : Nematoda

Class : Secernentea

Ordo : Ascaridida

Family : Ascarididae

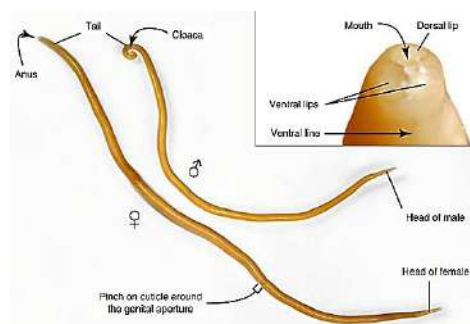
Genus : *Ascaris*

Spesies : *Ascaris lumbricoides*

b. Morfologi Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*)

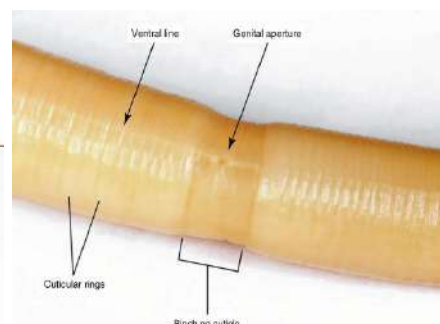
1) Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) Betina

Cacing dewasa berukuran besar biasanya berwarna putih kekuningan. Ukuran cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) betina mencapai antara 20-25 cm lebih panjang dibandingkan ukuran cacing jantan. Cacing betina ujung posteriornya lurus dan runcing, Vulva terletak di antara anterior dan tengah tubuh (Kanungo, 2015). Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) betina memiliki cincin kopulasi terletak kira-kira pada sepertiga bagian anterior dari panjang badan cacing betina (Rafika, 2020). Mampu bertahan hingga 1-2 tahun. Tubuh cacing dewasa berbentuk silinder dengan ujung meruncing ke arah anterior. Bagian mulut memiliki tiga bibir dengan sensor *papillae* satu bagian dorsal dan dua bagian ventral. Antara tiga bibir terdapat *bucal cavity* berbentuk triangular (Didik Sumanto, 2016).



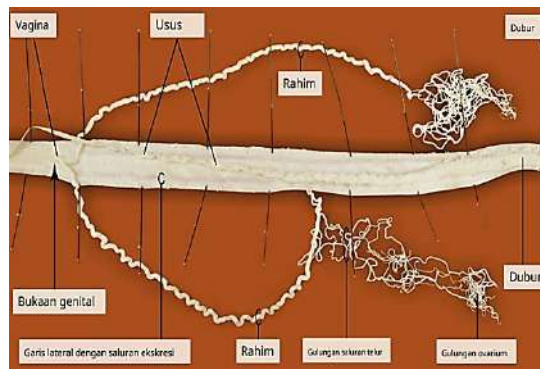
Sumber: Atlas International, 2016.

Gambar 2.1 Bagian Tubuh Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*).



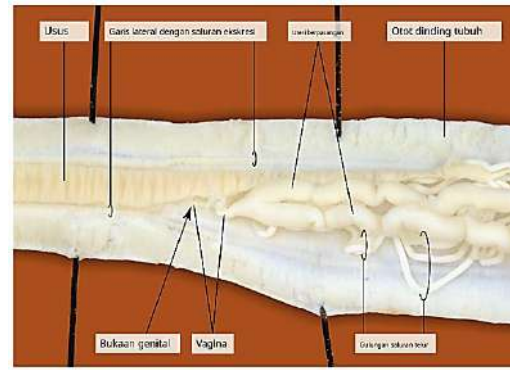
sumber: : Atlas International, 2016.

Gambar 2.2 Letak Genital Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*).



Sumber: Atlas International, 2016.

Gambar 2.3 Struktur Internal Pada Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Betina.

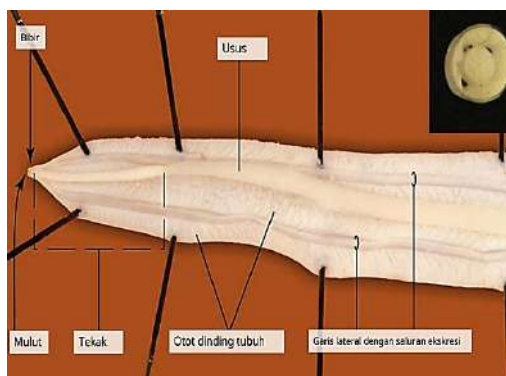


Sumber: Atlas International, 2016.

Gambar 2.4 Sistem reproduksi Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Betina.

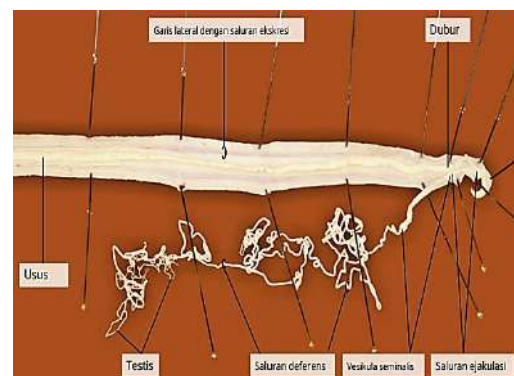
2) Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) Jantan

Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) jantan mempunyai ukuran panjang antara 15-31 cm. Bentuk ujung posterior melengkung dan memiliki dua spikula berfungsi sebagai alat kelamin, dengan ukuran sekitar 2 mm (Rafika, 2020). Di ujung posterior terdapat duri halus yang disebut *copulatory spikula*. Memiliki papila-papila kecil sekitar kloaka (Pusarawati., 2019)



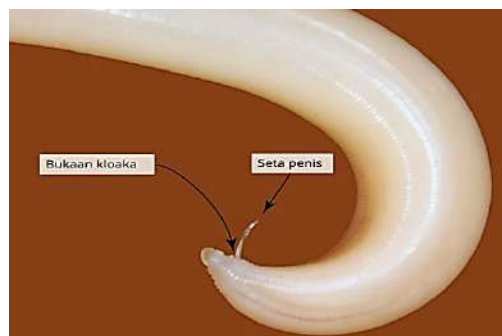
Sumber: Atlas International, 2016.

Gambar 2.6 Struktur Internal Anterior Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Jantan.



Sumber: Atlas International, 2016.

Gambar 2.7 Struktur Sistem Reproduksi Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Jantan.



Sumber: Atlas Anatomy International, 2016.

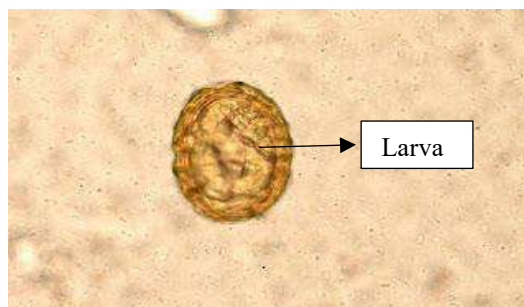
Gambar 2.8 Bagian (spikula kopulasi).

c. Morfologi Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*)

Secara umum telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) memiliki bentuk bulat lonjong, oval dengan ukuran dan struktur dinding telur yang berbeda pada setiap jenis telurnya. Jenis dari telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) dapat dibedakan yaitu telur fertil memiliki dinding tebal dan telur infertil memiliki dinding yang tipis, bentuk lebih panjang dan struktur tampak tidak beraturan disebabkan tidak dibuahi. Dalam beberapa kasus, telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) yang dibuahi mengalami pengelupasan lapisan albuminoid (dekortikasi) (Maurelli *et al.*, 2021).

1) Morfologi Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Fertil

Telur fertil yaitu telur yang dibuahi (*fertilized eggs*) kemudian akan berkembang menjadi larva yang sifatnya infeksi. Telur fertil memiliki ukuran 60-75 μm x 40-45 μm . Dinding telur bagian luar dilapisi albuminoid dengan permukaan ada tonjolan atau nodul kecil yang menyerupai "*mamillae*" dan ada juga lapisan hialin dan vitelin yang relatif memiliki permukaan halus. Lapisan *mamillae* menjadi salah satu ciri khas ketika dilakukan pemeriksaan mikroskopis untuk identifikasi telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*). Telur berwarna coklat disebabkan karena pigmen empedu (Jagdish Chander, 2018).



Sumber: Luminary, 2021

Gambar 2.10 Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Berlarva Infektif

2) Morfologi Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Inertil

Telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) infertil adalah telur yang tidak dibuahi (*unfertilized eggs*). Telur infertil memiliki ukuran berkisar 88-94 μm x 39-44 μm dengan bentuk yang lebih besar dan lonjong dibandingkan telur yang dibuahi. Dinding telur infertil tidak

memiliki lapisan *ascaroside*, tidak berkembangnya embrio menjadi larva yang infertil ada telur infertil tidak memiliki lapisan vitelin (Ishak, 2019).



Sumber: CDC, 2019.

Gambar 2.11 Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Infertil

3) Morfologi Telur Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) *Decorticated*

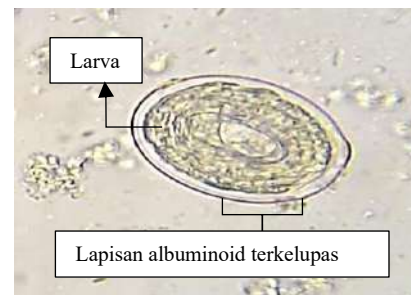
Telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) *decorticated* adalah telur yang kehilangan lapisan albuminoid, sehingga hanya memiliki lapisan hialine dan vitelin. Memiliki ukuran diantara panjang 45 - 75 μm x 35 - 50 μm . Proses dekortikasi menghilangkan lapisan albuminoid kasar yang biasanya menutupi permukaan luar telur, sehingga telur hanya tersisa dua lapisan utama yaitu lapisan chitinous tengah dan lapisan lipidik dalam. Lapisan chitinous memberikan struktur mekanis yang kokoh, dengan transparansi yang lebih tinggi dibandingkan pada telur dengan lapisan albuminoid. Lapisan lipidik, yang berada di bagian terdalam, berperan sebagai penghalang permeabilitas dan pelindung kimia (Bond, 2023).

Detail internal telur menjadi lebih mudah diamati karena hilangnya albuminoid, terutama di bawah mikroskop optik. Proses dekortikasi tidak memengaruhi kemampuan zigot untuk berkembang menjadi larva tahap pertama (L1), telur yang telah kehilangan lapisan albuminoid cenderung memiliki ketahanan lebih rendah terhadap faktor eksternal seperti desikasi atau bahan kimia (Darmadi et al., 2023).



Sumber: Upton, 2020.

Gambar 2.12 Telur Cacing Gelang
(*Ascaris lumbricoides*)
Decorticated

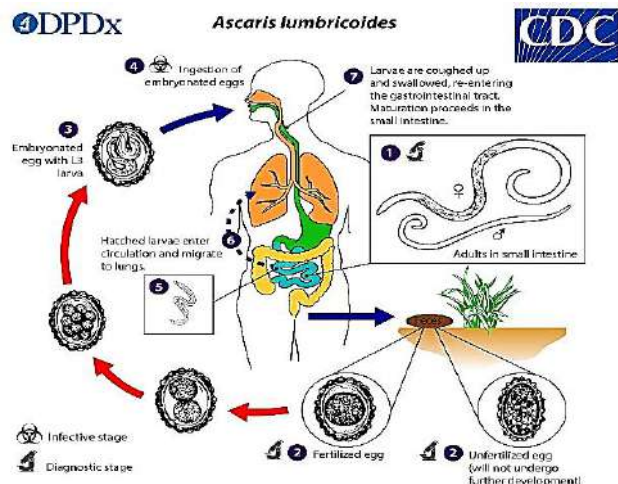


Sumber: Boonchawee, 2020.

Gambar 2.13 Telur Cacing Gelang
(*Ascaris lumbricoides*)
Decorticated Infektif

d. Siklus Hidup Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*)

Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) betina mampu bertahan hingga 1-2 tahun dan menghasilkan 200.000 telur per hari diantaranya mengeluarkan telur fertil, telur yang tidak dibuahi, terkadang telur fertil mengalami proses dekortikasi yaitu kehilangan lapisan albuminoid. Hospes dari cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) melibatkan inang (manusia). Telur yang dibuahi akan berembrio dalam waktu 10-14 hari pada kondisi yang sesuai seperti tanah hangat dan liat, suhu 22-30°C dan kelembapan 40%. Manusia terinfeksi ketika telur cacing yang infeksi tertelan bersama makanan atau minuman yang tercemar tanah yang mengandung tinja penderita askariasis. Di dalam usus halus telur menetas, kemudian larva dengan panjang 250 μ keluar, menembus dinding usus halus dan memasuki vena porta hati. Dengan aliran darah vena, larva beredar menuju jantung, paru-paru, lalu menembus dinding kapiler masuk ke dalam alveoli. Masa migrasi larva ini berlangsung sekitar 15 hari lamanya (Kanungo, 2015). Sesudah itu larva cacing merambat ke bronkus, trakea dan laring untuk selanjutnya masuk ke faring, usofagus, lalu turun ke lambung dan akhirnya sampai ke usus halus. Selanjutnya larva berganti kulit dan tumbuh menjadi cacing dewasa. Migrasi larva cacing dalam darah yang mencapai organ paru tersebut disebut "*lung migration*". Dua bulan sejak masuknya telur infeksi melalui mulut, cacing betina mulai mampu bertelur (Kanungo, 2015).



Sumber: CDC, 2019.

Gambar 2.13 Siklus Hidup cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*).

e. Patogenesis dan Gejala Klinis

1) Dampak Akibat Migrasi Larva

Awal dari gejala klinis pada minggu kedua setelah menelan telur. Telur akan menjadi larva kemudian bermigrasi ke paru-paru menimbulkan respons hipersensitivitas dengan gejala klinis umumnya seperti demam ringan, batuk, sesak napas. Di tahap ini, sistem imunitas melawan larva yang bermigrasi sehingga menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan.

Kondisi ini bisa berkembang menjadi pneumonia eosinofilik yang disebut juga dengan *sindrom Loeffler*. Gejala klinis muncul yaitu sesak napas (dispnea), infiltrat bercak yang sifatnya hanya sementara dapat terlihat pada rontgen dada, serta peningkatan eosinofil di darah perifer (eosinophilia). Gejala cenderung mereda secara spontan pada beberapa minggu seiring dengan berakhirnya tahap migrasi larva (Narendra, 2022).

2) Dampak Akibat Cacing Gelang (*Ascaris lumbricoides*) Dewasa

Penderita askariasis ringan tidak mengalami malnutrisi. Cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) yang menginfeksi anak-anak menyebabkan kekurangan nutrisi dan terhambatnya perkembangan anak-anak. Menimbulkan komplikasi usus menimbulkan rasa nyeri akut pada perut sebab obstruksi usus halus. Cacing yang lebih besar dapat menyumbat saluran empedu menyebabkan pankreatitis. Cacing bermigrasi ke faring menimbulkan obstruksi pernapasan. Timbul gejala alergi seperti demam, urtikaria, edema angioneurotik (Kanungo, 2015).

f. Diagnosis

Penetapan diagnosis penyakit askariasis dengan pemeriksaan mikroskopis pada sampel tinja dengan metode flotasi dengan larutan NaCl jenuh, sukrosa atau seng sulfat yang efektif untuk identifikasi telur cacing dan larva pada sampel tinja. Metode sedimentasi memisahkan supernatan sehingga sedimen yang mengendap berisi telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) (Mugo *et al.*, 2024).

Diagnosis juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode untuk melihat adanya antibodi melalui deteksi kompleks imun dalam sampel serum manusia dengan sandwich ELISA, spesifisitas antibodi dikonfirmasi oleh dot-blot, *kinetic enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA), avidity ELISA, *immunoblotting* dan uji *antibody imunofluoresensi* tidak langsung (Lopes *et al.*, 2020). Untuk mendiagnosis adanya larva di paru-paru dilakukannya rontgen dada menggunakan sinar-X. Penggunaan sinar-X dapat dilakukan juga untuk melihat penderita dugaan obstruksi usus karena infeksi penyakit askariasis yang disebabkan cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) (Muslim *et al.*, 2024).

g. Pencegahan dan Pengobatan

World Health Organization (WHO) merekomendasikan pendekatan untuk mengurangi tingginya prevalensi dengan memberikan edukasi penerapan sanitasi yang baik seperti penyediaan fasilitas toilet yang layak dan akses air bersih dan pengelolaan limbah yang aman, memberikan penyuluhan masyarakat supaya mencuci tangan dengan sabun, menjaga kebersihan makanan dan menghindari kontak langsung dengan sumber kontaminasi (Alemu *et al.*, 2024). *World Health Organization* (WHO) menganjurkan pemberian obat cacing dengan dosis rendah sejak bayi berumur 1 tahun (Mekone *et al.*, 2021).

Kemoterapi preventif juga merupakan komponen penting dari pencegahan tingginya prevalensi askariasis. Memberikan obat albendazole dengan ivermectin untuk meningkatkan penyembuhan terhadap infeksi termasuk telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) pencegahan secara masal kepada populasi yang berisiko, terutama anak-anak, benzimidazole

lain, mebendazole telah menunjukkan kemanjuran yang bervariasi terhadap *Ascaris*. Tingkat penyembuhan yang dilaporkan dari tinjauan sistematis adalah 32,5%, 42,1%, dan hingga 96,2% (Keiser, 2023).

2. Metode Flotasi

Metode flotasi merupakan teknik pemisahan partikel berdasarkan perbedaan densitas antara partikel atau organisme yang diidentifikasi dan larutan medium yang digunakan. Prinsip dari metode flotasi adalah berat jenis (BJ) telur-telur yang memiliki berat jenis yang lebih ringan sehingga telur terapung di permukaan. Teknik flotasi memiliki sensitivitas yang lebih tinggi sebagai pemeriksaan diagnosis infeksi *Soil transmitted helminth* untuk tingkat infeksi yang tergolong rendah (Kumala, 2017).

a. Jenis-Jenis Metode Flotasi

Metode Flotasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1) Metode Flotasi Sentrifugasi

Digunakan untuk pemeriksaan diagnosis dan skrining rutin yang telah menjadi standar beberapa laboratorium rujukan yang apabila terdapat gejala klinis seperti peningkatan infeksi kecacingan. Mekanisme Metode flotasi sentrifugasi ini memisahkan partikel berdasarkan berat jenis (BJ) telur yang lebih kecil dari pada berat jenis (BJ) larutan flotasi dengan alat sentrifuge diputar dengan kecepatan tertentu (Kumala, 2017).

Metode flotasi sentrifugasi memiliki keterbatasan dalam sensitivitas, ketidak konsistenan dan kesulitan melihat morfologi telur parasit di sebabkan adanya artefak yang dapat menyerupai struktur telur parasit yang akan diidentifikasi. Metode flotasi sentrifugasi kurang efisien karena membutuhkan waktu yang lama dengan proses yang lebih rumit dan biaya yang lebih mahal (Leutenegger *et al.*, 2023).

2) Metode Flotasi Pasif

Metode flotasi pasif untuk mendiagnosis infeksi kecacingan dengan proses yang lebih sederhana tanpa memerlukan alat sentrifuge sehingga dapat dilakukan oleh laboratorium yang memiliki fasilitas yang tidak memiliki sentrifuge. Metode flotasi pasif lebih terjangkau dengan menggunakan alat sederhana sehingga mengurangi biaya operasional untuk daerah dengan anggaran terbatas. Prinsip metode flotasi pasif memisahkan partikel berdasarkan berat jenis (BJ) telur yang lebih kecil dari pada berat jenis (BJ) larutan flotasi tanpa proses pemusingan menggunakan alat sentrifuge (Kholidah, 2020).

b. Jenis-Jenis Larutan Flotasi

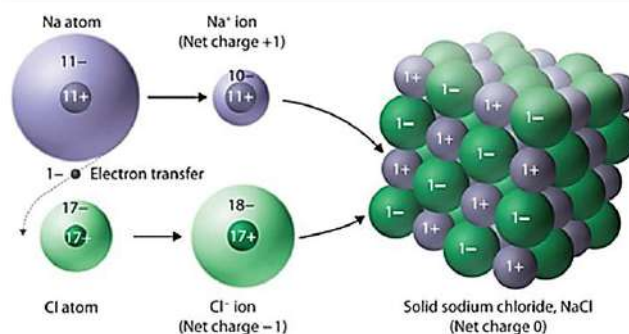
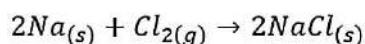
Larutan flotasi memainkan peran penting dalam keberhasilan pemisahan. Larutan yang umum digunakan antara lain natrium klorida (NaCl) jenuh, sukrosa jenuh, magnesium sulfat ($MgSO_4$) dan seng sulfat ($ZnSO_4$). Setiap larutan ini memiliki densitas dan daya pengapungan yang berbeda. Larutan sukrosa jenuh sering digunakan karena memiliki densitas tinggi, sehingga efektif untuk mengapungkan partikel-partikel yang lebih kecil seperti telur parasit. Sebaliknya, larutan NaCl lebih sering digunakan karena harganya yang murah dan lebih mudah didapat serta ramah lingkungan (Burton et al., 2021).

Berikut larutan yang digunakan untuk metode flotasi:

1) NaCl Jenuh

NaCl jenuh adalah larutan garam hasil dari interaksi basa dan asam yaitu senyawa HCl (asam kuat) bereaksi dengan NaOH (basa kuat) akan membentuk garam NaCl yang apabila dilarutkan di air akan terionisasi menjadi ion Na^+ dan Cl^- tidak memecah molekul air (Wardani et al., 2020). NaCl termasuk larutan elektrolit yang akan membentuk ion Na^+ dan Cl^- . Ion Na^+ adalah atom yang memiliki muatan positif (kation) yang dihasilkan ketika atom natrium melepaskan satu elektronnya. Cl^- suatu ion yang

bermuatan negatif (anion) ketika unsur klorida mendapatkan satu elektron (Sugianto et al., 2023).



Sumber: Prameswari, 2021.

Gambar 2.14 Reaksi pembentukan NaCl (natrium klorida)

NaCl memiliki sifat konduktivitas listrik yang baik karena larutan NaCl tersusun dari ion yang terdisosiasi keseluruhan sehingga terdapat ion yang bergerak bebas. NaCl dengan bentuk padat hanya dapat terurai saat suhu tinggi. Senyawa ini adalah garam yang dapat berpengaruh pada cairan ekstraseluler pada organisme multiseluler. Pemerian hablur NaCl tidak berwarna atau serbuk putih, mudah larut dalam air (Sugianto et al., 2023).

Tabel 2.1 Sifat fisik NaCl

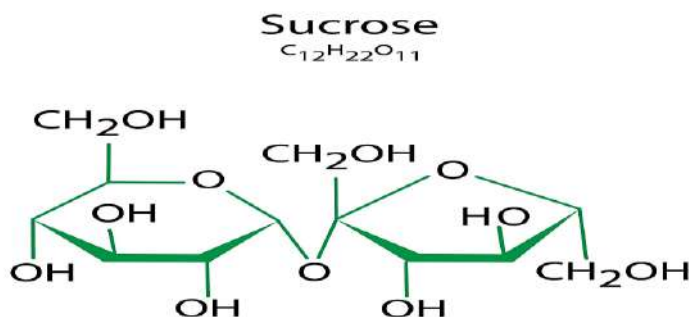
Sifat	
Rumus kimia	NaCl
Densitas	2.17 g/cm ³
Titik lebur	8.007 °C
Titik didih	1.465 °C
Kelarutan dalam air	360 g/L

Sumber: National Center for Biotechnology Information.

2) Sukrosa jenuh

Sukrosa (C₁₂H₂₂O₁₁) adalah disakarida terbentuk dari monomer berupa glukosa dan fruktosa. Sukrosa di dalam media berperan sebagai sumber karbon. Sukrosa atau yang biasa disebut juga gula dapur yang diperoleh dari tebu. Glukosa dan fruktosa bereaksi melalui ikatan karbon pertama (C1) terikat pada subunit

glukosa dengan karbon ke dua (C2) milik frukosa sehingga disebut dengan ikatan glikosida (Yuliwati, 2017).



Sumber: PedroSimeao, 2023.

Gambar 2.15 Struktur sukrosa

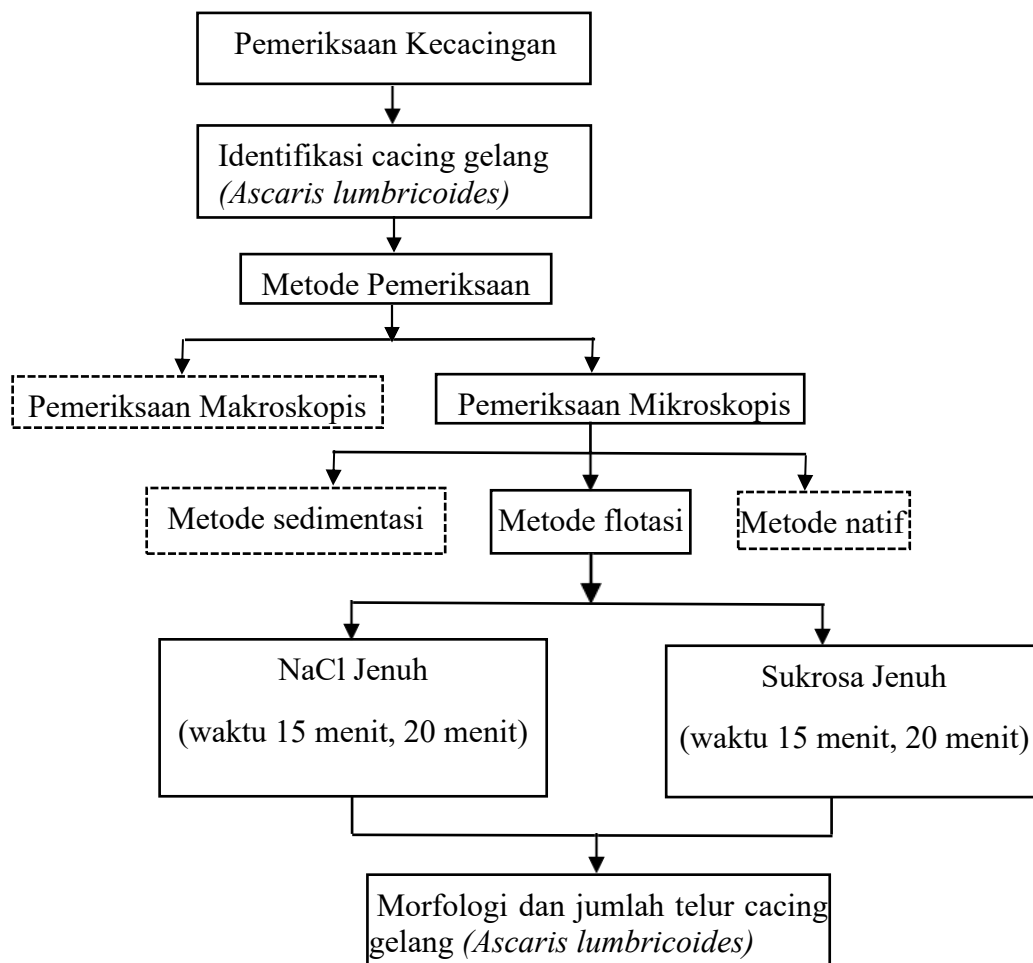
Sukrosa murni tidak memiliki warna dan bersifat dapat memutar bidang polarisasi Cahaya sebesar $66,53^{\circ}\text{C}$. Sukrosa dan tidak larut dalam bensin, eter, kloroform. Pada suhu diatas titik leleh yaitu 200°C akan membentuk senyawa berwarna coklat yang larut dalam air yaitu karamel. Secara fisikokimia, larutan sukrosa jenuh tergolong stabil karena tidak menghasilkan ion bebas. Dekomposisi jika dipanaskan dengan ion OH^- menjadi proses awal pembentukan asam organik atau disebut juga asam laktat (Yuliwati, 2017).

Tabel 2.1 Sifat fisik sukrosa

	Sifat
Rumus kimia	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Massa molar	342.30 g/mol
Densitas	1.587 g/cm ³ , padat
Titik lebur	186 °C decomp.
Kelarutan dalam air	2000 g/L (25 °C)

Sumber: National Center for Biotechnology Information.

B. Kerangka Teori



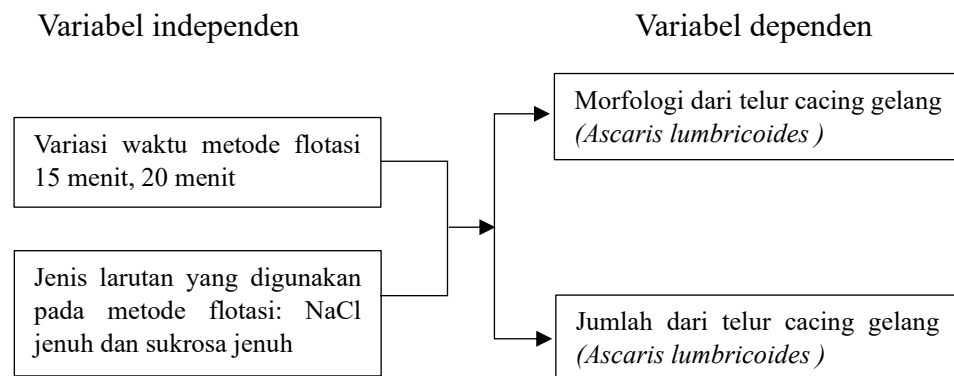
(Sumber: Kholidah, 2020)

Keterangan :

: Variabel yang akan diteliti

: Variabel yang tidak diteliti

C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

- H₀ : Tidak ada perbedaan yang signifikan lama variasi waktu metode flotasi menggunakan NaCl jenuh dan sukrosa jenuh terhadap morfologi dan jumlah telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*)
- H_a : Ada perbedaan yang signifikan lama variasi waktu metode flotasi menggunakan NaCl jenuh dan jumlah telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*)