

## II. TINJAUAN PUSTAKA

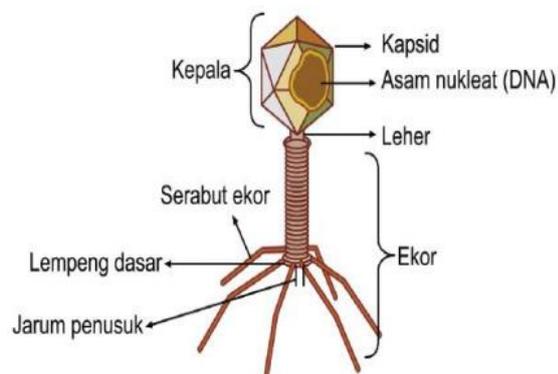
### 2.1 Bakteriofag

Bakteriofag berfungsi sebagai agen biokontrol bakteri, bakteriofag juga dikenal sebagai virus bakteri, atau fag, adalah parasit intraseluler wajib yang hanya dapat berkembang biak dengan menggunakan sel bakteri sebagai inang. Karena fag bersifat spesifik terhadap inang, maka fag hanya dapat menginfeksi spesies tertentu dalam kelompok bakteri. Spesifitas fag inilah yang memungkinkan mereka digunakan dalam berbagai cara untuk menghancurkan dinding sel bakteri berbahaya. Spesifitas fag didasarkan pada pengenalan protein fag terhadap reseptor sel bakteri yang teridentifikasi, sehingga fag dapat digunakan sebagai agen biokontrol patogen (Hardanti *et al.*, 2018).

Kandungan nitrit yang tinggi dalam sarang burung walet disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu kontaminasi lingkungan, liur walet dan bakteri penghasil nitrit (Susilo *et al.*, 2016). Konsumsi pangan yang mengandung nitrit berlebihan secara terus-menerus dapat menyebabkan kanker gastrointestinal (Ningrum, 2021). Salah satu metode untuk mengendalikan populasi bakteri penghasil nitrit adalah dengan aplikasi bakteriofag. Bakteriofag merupakan virus bakteri yang memiliki materi genetik berupa DNA dan RNA. Bakteriofag memiliki ekor berserat yang digunakan untuk melekat pada sel bakteri. Panjang fisik ekor ditentukan oleh pita pengukur protein, yang membentang pada tabung ekor. Protein tidak hanya bertanggung jawab untuk penentuan panjang ekor, tetapi juga telah terlibat dalam injeksi DNA fag ke dalam inang sel (Allen *et al.*, 2017).

Keberadaan bakteriofag di suatu lingkungan dapat diverifikasi asalkan terdapat jumlah bakteri yang cukup. Bakteriofag berkembang biak dan tumbuh di dalam bakteri. Bakteriofag merupakan virus penginfeksi bakteri yang keberadaannya sangat berlimpah di lingkungan. Dapat di simpulkan bahwa lingkungan yang kotor, seperti tempat pembuangan limbah rumah tangga adalah rumah bagi musuh virus atau bakteriofag (Jatmiko *et al.*, 2018).

Siklus litik dimulai dari penempelan bakteriofag ke inang. Bakteriofag menempel pada reseptor yang terletak di kapsul bakteri. Proses ini disebut tahap adsorpsi. Setelah terjadi adsorpsi, bakteriofag akan menyuntikkan DNA atau RNA ke dalam sel bakteri. Tahap ini disebut tahap infeksi. Selanjutnya DNA atau RNA bakteriofag akan mengambil alih sel bakteri yang terinfeksi, yang kemudian dilanjutkan dengan produksi asam nukleat dan protein untuk pembuatan partikel virus baru. Setelah virus berkembang biak, virus ini akan melisis sel bakteri inang. Dalam satu tahap lisis, partikel bakteriofag terdapat sekitar 10-100 bakteriofag (Vidurupola *et al.*, 2014).



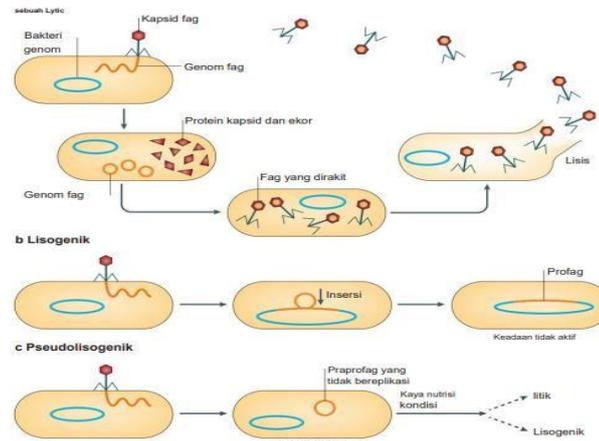
**Gambar 2.1** Struktur tubuh bakteriofag (Hamida, 2010)

### 2.1.1 Siklus Hidup Bakteriofag

Bakteriofag diklasifikasikan menjadi dua kelompok menurut siklus hidupnya: fag litik, juga dikenal sebagai fag virulen, dan fag *temperate*, serta beberapa fag juga mengadopsi cara hidup *pseudotemperate* atau *pseudolisogenik*, dimana asam nukleat fag tidak berintegrasi ke dalam kromosom inang melainkan bertahan sebagai keadaan linier atau plasmid sirkuler (Fortier and Sekulovic, 2013).

Berdasarkan siklusnya bakteriofag dibagi menjadi dua yaitu: Siklus litik dan siklus lisogenik. Pada siklus litik bakteriofag yang melakukan siklus litik dalam proses perbanyakannya dikategorikan sebagai fag virulen (Davies *et al.*, 2016). Selama siklus litik berlangsung asam nukleat bakteriofag mengambil alih fungsi mesin biosintesis inang dan m-RNA spesifik bakteriofag untuk melakukan sintesis protein. Fag virulen menyebabkan kematian sel inang melalui proses lisis di akhir siklus hidupnya. Siklus litik terdiri dari dua tahap, yaitu adsorpsi dan penetrasi. Adsorpsi melibatkan penyuntikan asam nukleat fag ke dalam sitoplasma sel inang melalui dinding sel dan sitoplasma. Setelah itu, siklus bakteriofag disebut berada pada periode eklipse. Tidak ada partikel bakteriofag di dalam atau di luar sel bakteri selama fase eklipse (Hungaro *et al.*, 2014). Pada siklus Lisogenik, ketika jumlah bakteriofag relatif besar dibandingkan sel inang atau ketika kondisi nutrisi dan kepadatan inang tidak sesuai kebutuhan, bakteriofag memulai siklus lisogenik. Fag beriklim sedang adalah bakteriofag yang memiliki kemampuan untuk bereplikasi melalui siklus lisogenik. Beberapa menit setelah DNA fag disuntikkan ke dalam sitoplasma sel inang, fag beriklim mengintegrasikan DNA fag ke dalam kromosom bakteri inang untuk menghasilkan profag, yang memungkinkannya memilih antara

dua siklus hidupnya litik atau lisogenik (Davies *et al.*, 2016).



**Gambar 2.2** Siklus hidup bakteriofag (Feiner *et al.*, 2015)

## 2.2 Rumah Burung Walet

Banyak masyarakat di Indonesia yang membudidayakan sarang burung walet karena tingginya permintaan di pasar global. Budidaya burung walet yang selama ini hanya terbatas di gua-gua, kini bisa dilakukan di kawasan berpenduduk. Pembudidaya walet membuat bangunan khusus yang dirancang mirip dengan ekosistem gua walet.

Bangunan tersebut merupakan habitat tempat tinggal buatan yang dirancang khusus untuk burung walet membuat sarang pada musim berkembang biak. Bangunan-bangunan kandang walet kini mulai banyak di perkotaan ataupun di pedesaan (Susilowati, 2018).

Bangunan tempat tinggal, berkembang biak, dan membuat sarang burung walet dikenal dengan nama rumah burung walet (RBW). Burung walet sering menghuni gua-gua dengan kelembapan tinggi dan suhu rendah. Burung walet bukan

satu-satunya hewan yang hidup di gua; kelelawar, burung hantu, dan spesies lain juga tinggal di sana dan dapat berbahaya bagi burung walet. Akibatnya, koloni burung walet mencari lokasi baru, dan beberapa koloni membangun tempat tinggal terbengkalai yang memiliki tingkat kelembaban dan suhu yang hampir sama dengan gua. Rumah burung walet berfungsi sebagai tempat berkembang biak dengan tujuan ganda yaitu menjaga atau meningkatkan kualitas sarang burung walet selain untuk menangkal ancaman hama predator. Mereka yang memelihara burung walet bisa mendapatkan keuntungan lebih jika sarangnya berkualitas tinggi (Alfianto, 2016). Beberapa kebutuhan dasar kenyamanan dalam beternak walet harus didukung oleh adanya rumah penangkaran walet. Syarat ini mencakup pencahayaan, kelembaban, dan suhu (Dewi, 2018). Faktor penunjang intensitas lingkungan yaitu:

#### 1. Suhu

Spesialis burung walet merekomendasikan suhu rumah burung walet (RBW) antara 26°C – 29°C. Luas dan tinggi ruangan, jenis pemasangan atap, ketebalan dan material dinding, serta jumlah ventilasi yang ditempatkan secara khusus semuanya perlu diperhatikan saat menentukan suhu optimal untuk rumah walet. Karena sinar matahari mempengaruhi suhu, penting juga untuk memperhitungkan arah fajar dan matahari terbenam.

#### 2. Kelembaban

Rumah burung walet memiliki kelembaban yang ideal bagi kenyamanan burung walet berkisar 75–95%. Sarang burung walet dapat dipengaruhi oleh kelembaban ruangan yang tinggi sehingga menyebabkan kadar air meningkat dan membuat sarang menjadi kuning. Sebaliknya, kelembaban ruangan yang terlalu

rendah mengakibatkan bentuk sarang tidak rata, terlalu kering, dan pecah-pecah. Oleh karena itu, tingkat kelembapan optimal rumah walet harus dijaga.

### 3. Pencahayaan

Intensitas cahaya dalam rumah burung walet perlu diperhatikan karena mempengaruhi kualitas sarang walet. Menurut Friadi dkk. (2019), intensitas cahaya merupakan besaran dasar yang digunakan untuk menghitung daya pancaran cahaya per satuan sudut. Lingkungan dengan cahaya redup biasanya menghasilkan sarang dengan kaliber lebih tinggi daripada lingkungan yang terang, yang menghasilkan sarang yang tipis dan cacat.



**Gambar 2.3** Rumah burung walet (Gusti, 2022)

### 2.3 Limbah Rumah Burung Walet

Pengertian limbah adalah sisa atau limbah dari suatu perusahaan atau kegiatan manusia berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 Jo.PP 85/1999. Sampah adalah bahan terbuang yang tidak dapat digunakan lagi, yang jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak buruk bagi masyarakat. Pengelolaan air limbah rumah tangga dan industri yang tidak tepat dapat berdampak buruk bagi kesehatan tubuh.

Limbah rumah burung walet umumnya merujuk pada kotoran atau sisa-sisa material yang dihasilkan oleh burung walet dalam proses membuat sarang. Burung walet menggunakan air liur mereka untuk membuat sarang di dinding gua atau struktur bangunan, dan sisa-sisa ini kemudian dapat menjadi limbah. Limbah ini dikenal sebagai “sarang burung walet” atau “sarang walet”. Limbah pada rumah burung walet terdiri dari pecahan telur, feses, dan juga bulu.



**Gambar 2.4** Limbah rumah burung walet

#### **2.4 Metode *Plaque Assay***

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui unit infeksi virus di antaranya adalah *plaque assay*. Saat partikel virus memulai infeksi pada lapisan sel inang yang tumbuh menyebar di permukaan medium, zona lisis atau zona hambat akan muncul sehingga akan terlihat wilayah terang pada lapisan sel inang. Wilayah terang ini dinamakan sebagai plak yang diasumsikan bahwa setiap plak berasal dari satu partikel virus. Plak merupakan jendela pada lapisan sel inang yang hidup menyebar pada permukaan media agar. Plak dapat dilihat apabila partikel virus bakteriofag dicampur dengan lapisan tipis inang bakteri yang ditumbuhkan pada media agar (Narulita *et al.*, 2020).

Metode *plaque assay* pada umumnya digunakan untuk propagasi atau perbanyakkan plak serta *plaque assay* biasanya juga digunakan untuk *virulence assay* atau uji kemampuan infeksi bakteriofag kepada bakteri (Narulita *et al.*, 2020).

## **2.5 *Lysinibacillus* sp.**

*Lysinibacillus* adalah genus bakteri gram positif yang termasuk dalam keluarga Bacillaceae. Bakteri ini biasanya berbentuk batang dan dapat membentuk endospora, memungkinkan mereka bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Beberapa spesies *Lysinibacillus* dikenal karena kemampuannya dalam berbagai aplikasi bioteknologi dan lingkungan, termasuk bioremediasi, pengendali hayati terhadap hama, dan produksi enzim industri (Sananta dkk., 2019).

Salah satu spesies yang paling dikenal dalam genus ini adalah *Lysinibacillus sphaericus*, yang digunakan sebagai agen pengendali biologis terhadap larva nyamuk karena kemampuannya menghasilkan toksin yang efektif membunuh larva serangga tersebut. Spesies lain dalam genus ini juga dieksplorasi untuk berbagai aplikasi potensial, termasuk pengolahan limbah dan pengurangan polusi. Secara umum, *Lysinibacillus* dapat ditemukan di berbagai habitat seperti tanah, air, dan bahan organik yang membusuk. Penelitian terus berlanjut untuk memanfaatkan potensi penuh bakteri ini dalam berbagai bidang (Pantoja-Guerra *et al.*, 2023).

*Lysinibacillus* tidak digunakan sebagai bakteriofag, tetapi sebagai inang bakteriofag. Bakteriofag adalah virus yang menginfeksi bakteri, dan mereka digunakan dalam berbagai aplikasi bioteknologi dan medis, termasuk terapi fag untuk mengobati infeksi bakteri yang resisten. *Lysinibacillus* memiliki variasi genetik yang memungkinkan menjadi inang yang cocok untuk berbagai jenis bakteriofag. Bakteriofag dapat digunakan untuk memodifikasi bakteri inangnya agar memiliki sifat yang lebih diinginkan. *Lysinibacillus* dapat digunakan untuk mengendalikan populasi bakteri patogen di lingkungan atau dalam produk pangan (Rogovski et al., 2021).