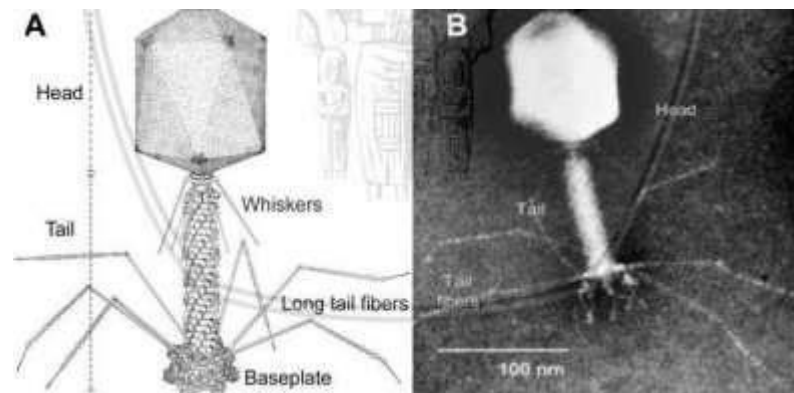


II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Bakteriofag

Bakteriofag atau yang biasa disebut fag memiliki dua jenis infeksi yaitu bakteriofag litik dan bakteriofag lisogenik. Bakteri litik atau disebut virulen dapat menyebabkan lisis dan kematian pada sel bakteri inang dengan cepat. Pada saat yang sama, bakteriofag lisogenik (sedang) memiliki fase kehidupan dimana beberapa fase kehidupannya dalam kondisi dormant disebut dengan profage (Bhardwaj *et al.*,2015). 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 bakteriofag akan mengambil alih sel bakteri yang terinfeksi, yang dilanjutkan dengan produksi asam nukleat dan protein untuk pembuatan partikel virus baru. Setelah virus berkembang biak, virus ini akan melisiskan sel bakteri inang. Dalam satu tahap lisis, partikel bakteriofag terdapat sekitar 10-100 bakteriofag (Iqbal, 2021). Bakteriofag memiliki karakteristik umum yang sama dengan virus. Perbedaannya adalah bakteriofag hanya menginfeksi bakteri target dan tidak dapat menyerang manusia, hewan, atau tumbuhan. Sedangkan, virus dapat menginfeksi manusia, hewan, dan tumbuhan (Anjung, 2016).

Morfologi dan struktur bakteriofag dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur stematik bakteriofag T4 (A) bakteriofag T4 dibawah transmission Elektron (TEM) (B) (Sri, 2018).

Secara morfologi, bakteriofag terdiri dari kepala, ekor, dan serabut ekor. Kepala berbentuk polyhedral (segi banyak) yang mengandung DNA atau RNA. Di atas kepala terdapat ekor berupa tobus atau selubung memanjang. Ekor ini berfungsi sebagai alat penginfeksi. Selubung antara kepala dan ekor disebut kapsid. Bakteriofag adalah virus yang membunuh bakteri dan merupakan organisme yang paling banyak ditemukan di mana-mana (jumlah total diperkirakan 1030-1032) di bumi (Bhardwaj *et al.*, 2015). Bakteriofag merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah infeksi bakteri patogen. Penggunaan bakteriofag dipertimbangkan lebih menguntungkan dibandingkan antibiotik. Bakteriofag hanya menginfeksi patogen target, sehingga mikroflora normal di usus tidak terganggu, kedua bakteriofag mereplikasi diri pada bakteri dan menghancurkan sel bakteri inang dengan sempurna melalui proses lisis membunuh bakteri yang menjadi inangnya. Keberadaan bakteriofag tersebar luas di alam. Lingkungan yang ditempati oleh

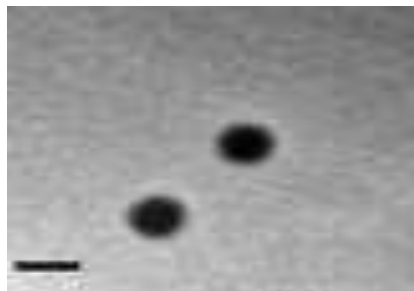
bakteri inang merupakan sumber keberadaan berbagai jenis fag yang dapat diisolasi untuk berbagai tujuan (Shende *et al.*, 2017).

2.2 Tipe *Plaque* Morfologi Bakteriofag

Plaque adalah zona bening yang terbentuk dari isolat bakteriofag. Pembentukan plak dimulai ketika sebuah fag menginfeksi dan melisis satu sel bakteri inang. Fag baru yang dihasilkan dilepaskan dari sel yang telah lisis dan kemudian menginfeksi sel bakteri inang di sekitarnya. Siklus ini berulang sehingga sel-sel bakteri di sekitar partikel fag awal terus mengalami lisis, menghasilkan plak. Jenis fag yang berbeda akan membentuk plak dengan ukuran dan bentuk tepi yang bervariasi (Deshanda *et al.*, 2018).

2.2.1 Tipe *Clear plaque*

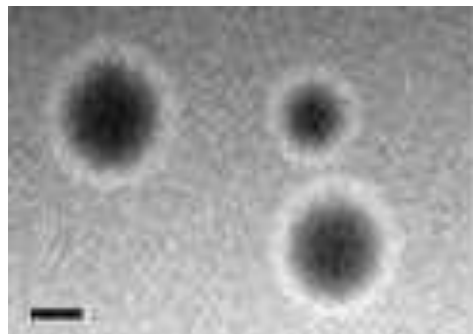
Clear plaque terjadi karena bakteriofag sedang melakukan siklus litik. Selama siklus litik, fag menggunakan protein inang untuk mengambil dan menerjemahkan gen fag yang diperlukan untuk replikasi dan pembuatan fag baru. Genom fag baru terbentuk ke dalam badan fag yang baru, yang kemudian keluar dari sel dan membunuh serta menginfeksi sel di dekatnya. Fag litik membentuk tipe *clear* karena fag bisa melisis atau membunuh semua sel bakteri yang mereka infeksi (Gudlavalleti, 2020).



Gambar 2.2 Tipe *Clear plaques* (Jurczak-Kurek *et al.*, 2016)

2.2.2 Tipe *Clear halo*

Clear halo merupakan zona semi-transparan di sekitar plak. Hal ini terjadi karena difusi dari enzim yang diproduksi oleh fag yang dapat larut (tidak terkait dengan virion) yang menghancurkan selubung sel (Jurczak-Kurek *et al.*, 2016). Pada tipe ini, fag tidak dapat melisis sel bakteri inang, tetapi hanya memperlambat pertumbuhannya (Martin, 2016). *Clear halo* tidak terlalu keruh dibandingkan dengan area sekitar bakteri, namun lebih keruh dibandingkan dengan plak utama. *Clear halo* biasanya berbeda dan bukan merupakan pengurangan kekeruhan secara umum dan terjadi secara bertahap pada pinggiran plak (Van Charante, 2019).

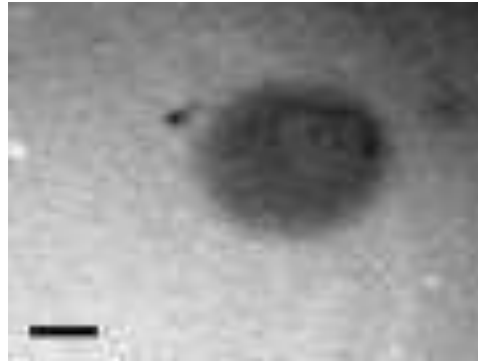


Gambar 2.3 Tipe *Clear halo* (Jurczak-Kurek *et al.*, 2016)

2.2.3 Tipe *Turbid*

Turbid plaque biasanya dihasilkan oleh fag lisogenik. Pada beberapa sel, fag hanya sampai pada tahap lisogenik dan tidak lanjut ke tahap litik. Jika hal ini terjadi dengan frekuensi yang cukup tinggi, plak akan terlihat *turbid* (keruh) (Martin, 2016). Selama fase lisogenik, genom fag berintegrasi ke dalam genom inang. Genom fag disalin bersama dengan fag inang, tetapi tidak terjadi pembentukan fag yang baru. Hal ini

terjadi karena fag tidak dapat melisiskan sel bakteri yang mereka infeksi (Gudlavalleti, 2020). Morfologi ini merupakan penurunan efisiensi litik yang disebabkan oleh penuaan bakteri atau fenomena penghambatan lisis (Jurczak-Kurek *et al.*, 2016).



Gambar 2.4 Tipe *turbid* (keruh) (Jurczak-Kurek *et al.*, 2016)

2.3 Burung Walet (*Aerodramus fuciphagus*)

Burung walet sarang putih memiliki klasifikasi zoologi sebagai berikut: Kingdom : Animalia, Filum : Chordata, Kelas : Aves, Ordo : Apodiformes, Famili : Apodidae, Genus : *Aerodramus*, Spesies : *Aerodramus fuciphagus* (Syahrantau *et al.*, 2018). Burung walet adalah penerbang yang kuat, mampu terbang terus menerus sekitar selama sekitar 40 jam dan menjelajahi wilayah asalnya dalam radius 25-40 km. Mereka memiliki kemampuan ekolokasi, yang memungkinkan mereka terbang di tempat gelap. Sarangnya terbentuk dari air liur burung yang mengeras (Syahrantau *et al.*, 2018).



Gambar 2.5 Burung walet (*Aerodramus fuciphagus*) (Syahrantau *et al.*, 2018).

Burung walet adalah sumber daya hayati yang bernilai tinggi, baik dari segi arkeologi fauna maupun untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan estetika. Sarang burung walet secara alami banyak ditemukan di gua-gua dalam hutan dan tepi laut. Burung ini memiliki warna gelap dan ukuran tubuh sedang hingga kecil, dengan sayap berbentuk sabit yang sempit dan runcing. Kakinya sangat kecil, begitu juga dengan paruhnya, dan jenis burung ini tidak pernah hinggap di pohon. Burung walet biasanya tinggal di gua-gua atau rumah-rumah yang cukup lembab, remang-remang dan gelap, menggunakan langit-langit untuk menempelkan sarang sebagai tempat beristirahat dan berkembang biak (Hati *et al.*, 2017).

Burung walet, yang termasuk dalam famili *Apodidae*, umumnya ditemukan di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, Malaysia, Filipina, Brunei, Singapura, dan negara-negara Asia Tenggara lainnya (Hashim *et al.*, 2015). Di Indonesia spesies *Aerodramus fuciphagus* adalah yang paling umum dibudidayakan. Ciri-ciri spesies ini meliputi ukuran sekitar 12 cm, bagian atas berwarna hitam kecoklatan dengan tungging abu-abu muda, bagian bawah berwarna coklat, sayap panjang berbentuk bulan sabit dengan ujung runcing,

ekor bercabang, dan cakar yang tajam. Jenis kelamin burung ini sulit dibedakan. Beratnya berkisar antara 8,7-14,8 g, dengan lebar sayap antara 110-118 mm. burung walet dikenal setia karena hanya memiliki satu pasangan, dan betina hanya menghasilkan duatelur yang dierami selama kurang lebih 23 hari.

2.4 Rumah Burung Walet (RBW)

Rumah burung walet adalah struktur tempat tinggal, berkembang biak, dan membuat sarang bagi burung walet. Secara umum, burung walet biasanya tinggal di dalam gua yang memiliki suhu dingin dan kelembaban tinggi. Namun, gua bukan hanya tempat tinggal bagi burung walet, banyak spesies lain seperti kelelawar, burung hantu, dan lainnya juga menghuni gua dan merupakan ancaman bagi burung walet. Kondisi ini mendorong koloni walet untuk mencari tempat baru, termasuk memanfaatkan rumah-rumah yang kosong dengan suhu dan kelembaban mirip dengan gua. Penggunaan rumah burung walet bukan hanya untuk menghindari predator dan hama, tetapi juga sebagai tempat penangkaran untuk menjaga dan meningkatkan kualitas sarang walet. Sarang yang berkualitas tinggi dapat meningkatkan pendapatan Masyarakat dari budidaya burung walet (Alfianto, 2017). Sarang burung walet harus memenuhi beberapa persyaratan dasar untuk memastikan kenyamanan dalam budidaya mereka, seperti suhu, kelembaban, dan pencahayaan yang sesuai (Dewi *et al.*, 2018). Contoh dari struktur rumah untuk burung walet dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rumah Burung Walet di Pulau Jawa (Rahman *et al.*, 2019).

Umumnya, burung walet cenderung memilih lingkungan dengan suhu yang lebih rendah sebagai tempat bersarang, dan selain faktor suhu dan kelembaban yang stabil, ada kemungkinan untuk membangun sarang walet yang berkualitas tinggi untuk meningkatkan nilai jualnya. Burung walet biasanya memilih lokasi sarang yang memiliki pencahayaan rendah atau gelap, mirip dengan kondisi di liang alam mereka, yang penting untuk kenyamanan istirahat mereka. Oleh karena itu, area bangunan dengan pencahayaan yang terlalu terang dapat mengganggu produksi sarang atau menjadi kurang cocok sebagai habitat bagi burung walet (Hamdi *et al.*, 2022).

2.5 Air di Lingkungan Rumah Burung Walet

Air berperan penting dalam lingkungan rumah burung walet. Biasanya air disediakan di lingkungan rumah burung walet disediakan dalam kolam yang dibangun di dalam atau di luar rumah mereka. Air yang berada di luar lingkungan rumah burung walet sering kali digunakan untuk kolam air yang dapat digunakan oleh burung walet sebelum mereka masuk ke dalam rumah mereka. Kolam air di dalam rumah bukan hanya sebagai sumber air minum tetapi juga untuk menjaga kelembaban berlebih yang bisa memicu pertumbuhan candawan yang merusak sarang burung walet. Dengan demikian,

air di luar lingkungan rumah burung walet tidak hanya memberikan manfaat praktis sebelum masuk ke dalam rumah mereka tetapi juga memenuhi kebutuhan esensial mereka untuk hidup. Kolam ini juga berperan sebagai habitat untuk serangga air, yang merupakan tambahan pakan penting bagi burung walet di dalam rumah mereka (Setiawan, 2013).

Sumber air di luar rumah burung walet umumnya berasal dari sumur. Mayoritas sumber air di sekitar rumah burung walet sekitar 61,4% berasal dari alam, khususnya sungai yang berjarak kurang dari 1 km. Di Kalimantan, terdapat lebih banyak sungai di sekitar rumah burung walet dibandingkan dengan daerah lainya. Hal ini menyebabkan kolam air di luar bangunan rumah burung walet umumnya tidak disediakan (Dede, 2022). Kolam air di luar rumah burung walet dapat dilihat pada Gambar 2.7.

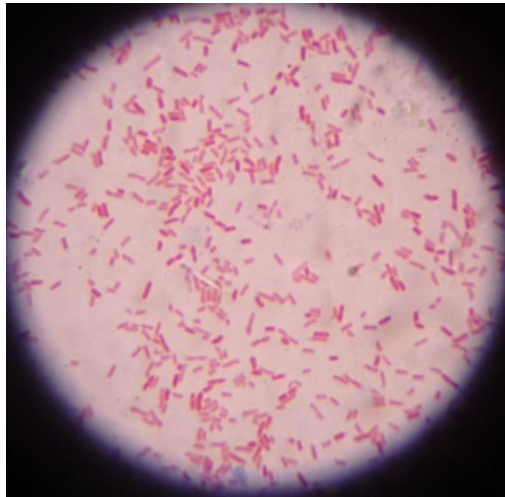


Gambar 2.7 Kolam air di luar rumah burung walet (Dede, 2022)

2.6 Bakteri *Pseudomonas putida*

Klasifikasi dari bakteri *Pseudomonas putida* yaitu, Kingdom: Bacteria, Filum: Proteobacteria, Kelas: Zymobacter, Ordo: Pseudomonadales, Famili:

Pseudomonadaceae, Genus: *Pseudomonas*, Spesies: *Pseudomonas putida* (Peter *et al.*, 2017).



Gambar 2.8 *Pseudomonas putida* (Palleroni, 2010)

Pseudomonas putida adalah jenis bakteri Gram negatif yang berbentuk bulat oval dan berukuran $(0.5-1) \times (1.5-5.0) \mu\text{m}$. Mereka memiliki flagela polar yang memungkinkan mereka bergerak dan dapat tumbuh di lingkungan yang kaya bahan organik, seperti rizosfer dan rizoplan. Rizosfer adalah zona tanah yang dipengaruhi oleh eksudat akar dan mikroorganisme, sedangkan rizoplan adalah permukaan akar itu sendiri. Di habitat ini, *Pseudomonas putida* memainkan peran penting dalam siklus nutrisi, terutama karbon dan nitrogen, melalui proses dekomposisi dan biodegradasi. *Pseudomonas putida* dapat ditemukan di air dan tanah, dan mereka berperan penting dalam proses dekomposisi, biodegradasi siklus karbon dan nitrogen. Karena tidak bersifat patogen pada manusia dan tumbuhan, *Pseudomonas putida* lebih aman digunakan dalam berbagai aplikasi (Sugiarti dkk., 2013).

Pseudomonas putida merupakan bakteri aerobik oksidasi positif metabolisme respirasi yang tepat dan bergerak dengan satu atau beberapa flagella. Bakteri ini memiliki flagel polar yang memungkinkannya bergerak dengan cepat di lingkungan cair. *Pseudomonas putida* juga memiliki membrane luar yang mengandung lipopolisakarida, yang berfungsi sebagai penghalang terhadap senyawa toksik dan antibiotika. *Pseudomonas putida* tidak membentuk spora, namun masih dapat melawan kondisi lingkungan yang keras. *Pseudomonas putida* dapat melawan efek umum dan penghancuran organik yang menyebabkan polusi pada tanah. *Pseudomonas putida* berarti bagi lingkungan karena metabolisme kompleksnya dan kemampuannya dalam mengontrol lingkungan (Palleroni, 2010)