

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air

Masalah lingkungan yang sangat serius akan berdampak pada pencemaran air karena air juga diperlukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia sehingga harus diminimalisir atau dihindari semaksimal mungkin terjadinya pencemaran air (Anies, 2005). Perubahan tatanan air diakibatkan adanya aktivitas manusia sehingga kualitas air menurun dan tidak dapat berfungsi lagi peruntukannya disebut pencemaran air (Peraturan Pemerintahan RI NO. 82 tahun 2001). Terjadinya pencemaran air adanya suatu bahan atau kondisi panas dapat menurunkan kualitas badan air sampai pada tingkat tertentu. Sehingga, air tersebut tidak dapat digunakan untuk tujuan tertentu atau tidak memenuhi baku mutu.

Perubahan struktur dan fungsi ekosistem sungai baik tumbuhan atau hewan disebabkan oleh limbah dan terjadinya pencemaran air, seperti pencemaran air dan pembuangan limbah pabrik ke sungai (Sastrawijaya, 2009). Pencemaran air dikelompokkan beberapa komponen sebagai berikut:

1. Limbah Padat

Limbah padat merupakan limbah bersifat kasar (butir besar) atau halus (butir kecil).

2. Sampah Organik

Pada umumnya mikroorganisme yang terurai atau terdegradasi dalam limbah.

3. Sampah Anorganik

Bahan sampah anorganik umumnya merupakan sesuatu yang sulit terurai dan tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme terhadap sampah. Ketika limbah ini masuk ke air lingkungan, terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air. Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Kadmium (Cd), Arsen (As), Magnesium (Mg), Krom (Cr), dan bahan lainnya merupakan limbah anorganik berupa unsur logam dari industri.

4. Bahan Makanan Olahan

Bahan yang menimbulkan bau tidak sedap dipisahkan ke dalam kelompok sampah organik.

Menurut Soegianto (2010), ada enam dampak pencemaran air yang disesuaikan dengan dampak yang ditimbulkannya:

1. Kelas 1: gangguan estetika (penglihatan, pengecapan dan penciuman).
2. Kelas 2: kerusakan material.
3. Kelas 3: gangguan kehidupan tumbuhan dan hewan.
4. Kelas 4: gangguan kesehatan manusia.
5. Kelas 5: gangguan pada system reproduksi genetika manusia.
6. Kelas 6: kerusakan besar pada ekosistem.

2.2 Baku Mutu

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 kualitas air suatu metode dan parameter tertentu yang diuji dan diukur dengan klasifikasi kualitas air yang ditetapkan menjadi 4 kelas:

1. Kelas satu, peruntukannya adalah untuk baku air bersih
2. Kelas dua, dapat diperuntukkan untuk budidaya ikan air tawar, sarana atau prasarana untuk kegiatan rekreasi air, air untuk irigasi tanaman, ternak atau air yang mutunya sama dengan kegunaan tersebut sesuai persyaratan lain.
3. Kelas tiga, peruntukan untuk mengairi tanaman, peternakan, budidaya, atau keperluan lain yang mutu airnya sama dengan peruntukan sesuai dengan persyaratan.
4. Kelas empat, peruntukan untuk mengairi tanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan peruntukan tersebut.

2.3 Sungai Buah

Sungai merupakan komponen lingkungan yang mempunyai fungsi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, secara tidak langsung sungai dapat menunjang pembangunan ekonomi. Meningkatnya kegiatan pembangunan di berbagai bidang secara langsung maupun tidak langsung dapat menyebabkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran sungai (Manik, 2016). Sungai merupakan sumber air dan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi serbaguna bagi kehidupan manusia, sumber minum, sumber irigasi, sarana

transportasi, perikanan dan sebagainya. Aktivitas manusia ini membuat sungai menjadi rentan terhadap pencemaran air. Begitu pula dengan penurunan kualitas lingkungan disebabkan pertumbuhan industri (Warlina, 2004).

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari bumi sebagai sumbernya dan bermuara di sungai, danau dan laut. Sungai adalah daerah dimana air bergerak melalui permukaan atau lapisan tanah dan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Sungai juga dapat dibedakan menjadi hulu, hilir dan muara menurut karakteristik populasi sifat badan air, dan biota perairan (Wardiyatmoko, 2006).

Tiga bagian hulu, hilir dan muara merupakan bagian dari sungai. Ada tiga syarat terjadinya perbedaan kualitas air, yaitu:

1. Daerah hulu, kualitas airnya lebih baik, artinya lebih jernih, dengan variasi kandungan senyawa kimia yang kurang lebih, dan kandungan biologis yang lebih rendah.
2. Daerah hilir, memiliki potensi pencemaran yang jauh lebih tinggi sehingga kandungan kimia dan biologinya bervariasi dan cukup tinggi. Oleh karena itu membutuhkan perawatan penuh.
3. Di muara sungai ini, aliran sungai sangat lambat dengan lumpur yang berasal dari hilir membentuk delta dan warna airnya sangat keruh, hampir mencapai laut atau pertemuan sungai-sungai lainnya.
4. volumenya mengandung lebih banyak zat terlarut.

Air yang tercemar akan menurunkan kualitas air, sehingga tidak dapat digunakan untuk keperluan tertentu atau tidak memenuhi baku mutu. Air yang tercemar disebabkan oleh aktivitas manusia dan menyebabkan kualitas air menurun dan tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Selain berdampak pada ekosistem sungai seperti bentos, plankton dan perifiton bahkan keberadaan mikroorganisme seperti bakteri *coliform* khususnya bakteri *Escherichia coli* yang menjadi indikator tingkat pencemaran air.



Gambar 2.1 Penampakan Sungai Buah
(Sumber: Doc. Pribadi, 2021)

Sungai Buah merupakan anak Sungai Musi yang bagian hilir bermuara ke Sungai Lais dan bagian hulu bermuara dengan Sungai Musi. Sungai ini terletak di Kecamatan Iilir Timur II Kota Palembang dengan lebar 3 sampai 5 m. Secara topografis, Kecamatan Iilir Timur II secara umum memiliki kondisi wilayah yang terendah dengan kepadatan penduduk 66, 32 Jiwa/Ha (Profil Kesehatan Kota Palembang, 2017). Sungai ini masih digunakan oleh masyarakat sekitarnya untuk berbagai kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci, kakus, penanaman kangkung, memancing dan sebagai sumber air minum dengan pemnyimpan air di tangki air. Meskipun, kawasan tersebut menyediakan tempat penampungan air bersi, masyarakat masih menggunakan air tersebut. Sungai Buah ini penuh dengan sampah organik maupun nonorganik di dalam air. Serta, sebagai tempat pembuangan limbah dosmetik rumah tangga. Namun, Sungai Buah ini dekat dengan industri yang secara tidak langsung limbahnya akan dibuang ke dalam sungai, serta tingkat drainase dan sanitasi di sungai sangat buruk karena banyak tumpukan sampah organik dan nonorganik.

2.4. Profil Kecamatan Iilir Timur II

Kota Palembang memiliki 998,26 km² luas wilayah dengan 1.602.071 jiwa/penduduk. 1605 jiwa setiap km² dengan 8 meter ketinggian rata-rata diatas permukaan laut. Kota Palembang beriklim tropis dengan angin yang relatif lembab berkisar 2,3 km/jam hingga 4,5 km/jam. Kota Palembang memiliki suhu berkisar antara 23,4 hingga 31,7°C dan 2.000mm hingga 3.000mm curah hujan tahunan. Kelembapan udara kota bervariasi berkisar 75% hingga 89%

dengan penyinaran matahari rata-rata 45%. Kota Palembang memiliki topografi tanah relatif datar dan rendah. Sebagian kecil tanah di kota terletak tempat yang sedikit tinggi, pada bagian utara kota. Sebagian besar tanahnya merupakan daerah berawa, sehingga pada saat musim hujan, daerah tersebut tergenang. Tanah tidak tergenang.

Provinsi Sumatera Selatan dengan Ibukota Palembang yang memiliki delapan belas kecamatan yaitu, Ilir Timur I, Ilir Timur II, Kalidoni, Sematang Borang, Sako, Ilir Barat I, Ilir Timur III, Kemuning, Sukarame, Alang-alang Lebar, Bukit Kecil, Seberang Ulu I, Seberang Ulu II, Kertapati, Plaju, Jakabaring, dan Gandus. Salah satu kecamatan di Kota Palembang dijadikan sebagai lokasi penelitian yaitu Kecamatan Ilir Timur II yang dimana terdapat Sungai Buah sebagai sampel penelitian (Profil Kesehatan Palembang, 2017).



Gambar 2.2 Peta Kecamatan Ilir Timur II
(Sumber: Google Maps, 2016)

Kecamatan Ilir Timur II meliputi wilayah seluas 1.325 Ha. Jumlah penduduk Kecamatan Ilir Timur II sebanyak 87.873 jiwa dan jumlah kepadatan penduduk sebanyak 66,32 jiwa/Ha. Kecamatan ini memiliki titik-titik terendah dari permukaan air dan dapat menyebabkan banjir terutama hujan karena terdapat Sungai Buah yang mengalir disepanjang wilayah Kelurahan Sungai Buah dan dari Yayasan I karena di wilayah ini banyak permukiman. Pada tahun 2013 di Kecamatan Ilir Timur II hampir seluruh wilayah kecamatan ini telah dialihkan fungsikan menjadi kawasan permukiman. Luas area pemukiman dan rawa-rawa serta ladang telah berubah (Rismayanti et al., 2018).

Tabel 2.1 Tata Guna Lahan di Kecamatan Ilir Timur II Tahun 2013

No	Jenis Tanah	Luas (Ha)
1	Pemukiman	1311,38
2	Rawa-rawa	20,7
3	Ladang	218,58

Sumber: Analisis data peta 2013

Berdasarkan tabel bahwa terjadi perubahan penggunaan lahan. Banyak kawasan pemukiman besar yang menggunakan rawa dan lahan kering, sehingga terjadi perubahan fungsi. Menurut Meiliyani (2008), lahan yang ditutup akan mengalami perubahan seperti perubahan pada keanekaragaman biotik, produktivitas primer dan aktual, kualitas tanah, aliran permukaan dan laju sedimentasi. Serta akan menyebabkan banjir suatu daerah dikarenakan fungsi lahan telah berubah. Misalnya rawa yang awalnya berfungsi sebagai tempat sumber air, penampung air serta sistem pengendalian banjir akan berubah apabila rawa tersebut berubah maka fungsinya pun akan berubah.

2.5 *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah sejenis bakteri Gram-negatif dari famili *Enterobacteriaceae*, terutama ditemukan di saluran pencernaan manusia sebagai bagian dari flora normal. Namun, beberapa *E. coli* telah berkembang menjadi strains virulen, dan bertanggung jawab atas berbagai penyakit, termasuk diare usus, infeksi saluran kemih (ISK), septikemia, pneumoniae, dan meningitis (Brüssow, 2016; Microbiology & Advance, 2016). *Escherichia coli* yang biasanya berada di flora usus hewan berdarah panas, termasuk manusia, ada di mana-mana di lingkungan dan telah digunakan sebagai indikator kontaminasi tinja untuk menilai keamanan dan kualitas air (Cho et al., 2018).

Escherichia coli merupakan bakteri Gram-negatif, jika diamati di bawah mikroskop akan berwarna merah muda apabila telah dilakukan pewarnaan gram, ±3 µm, batang tunggal atau ganda, motil, anaerob fakultatif. *Escherichia coli* bila dikultur akan memiliki warna merah muda pada agar MacConkey,

koloni berwarna hijau kekuningan pada media Blood Agar (BA), dan hijau mengkilat pada agar *Eosin Methylene Blue* (EMB) (Desta Sisay, 2015).

2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi *Escherichia coli*

Escherichia coli pada tahun 1889 ditemukan oleh Theodor Escherich dan dinamai menurut penemunya. *Escherichia coli* memiliki sel bervolume berkisar antara 0,6 m³ sampai 0,7 m³. Suhu 20°C sampai 40°C dengan suhu optimum 37°C *Escherichia coli* dapat hidup. serta termasuk golongan Gram-negatif. Klasifikasi *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Eubacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Gammaproteobacteria
Order : Enterobacteriales
Family : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Species : *Escherichia coli* (Escherich, 1885)



Gambar 2.3 Morfologi bakteri *Escherichia coli* pada Pewarnaan Gram
(Sumber: Escherich, 1885)

2.5.2 Patogenitas *Escherichia coli*

Escherichia coli dapat dikelompokkan berdasarkan virulensinya. Oleh karena itu dapat menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda. Beberapa dari kelompok ini:

1. *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC)

Escherichia coli jenis ini merupakan bakteri penyebab diare cair pada bayi yang sering terjadi di Negara berkembang. EPEC ini menempel pada sel epitel usus halus. Gejala yang disebabkan oleh infeksi EPEC

termasuk diare, keluarnya cairan encer dan sembuh sendiri, tetapi beberapa kondisi dapat berkembang menjadi infeksi kronis (Brooks *et al.*, 2005; Paramesti, 2014).

2. *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC)

Enterotoxigenic Escherichia coli dikenal dengan sebagai diare pelancong itu adalah penyebab diare pada orang yang bepergian. Gejala yang ditimbulkan akibat diare, muntah, dan dehidrasi seperti kolera. ETEC ini mengeluarkan enterotoksin termal (LT) dan toksin termostabil (ST). *Escherichia coli* jenis ini dapat menghasilkan satu atau dua enterotoksin tergantung pada plasmidnya (Salyers & Whitt, 1994; Lusiana, 2018).

3. *Enterohaemorrhagic Escherichia coli* (EHEC)

Enterohemorrhagic E.coli strain (EHEC) dapat menghasilkan satu atau lebih jenis sitotoksin yang secara kolektif disebut *sebagai shiga-like toxins* (SLTs) karena bersifat antigenik dan fungsional mirip dengan toksin shiga yang dihasilkan oleh *shigella dysenterica* (Desta Sisay, 2015). EHEC secara luas dikaitkan dengan colitis hemoragik yaitu diare berat yang menyebabkan sindrom uremik hemolitik yang merupakan penyakit yang disebabkan oleh gagal ginjal akut. *Escherichia coli* O157:H7 ini dikenal sebagai bakteri penyebab penyakit bawaan makanan.

4. *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC)

Diare seperti disentri seperti *shigellosis* yang disebabkan oleh EIEC adalah sering terjadi pada anak-anak di Negara berkembang dan turis yang bepergian ke daerah tersebut. EIEC menyebabkan penyakit dengan menyerang sel-sel di lapisan usus. EIEC dapat memfermentasi laktosa secara perlahan dan tidak bergerak (Brooks *et al.*, 2016).

5. *Enteroadgregative Escherichia coli* (EAEC)

Penyakit diare akut dan kronis yang berlangsung lebih dari >14 hari disebabkan oleh EAEC yang telah ditemukan di berbagai Negara di dunia dengan menempel pada lapisan usus sehingga menyebabkan gangguan. EAEC yang menghasilkan toksin mirip ST enterotoksin

dan hemolisin yang disekresikan oleh ETEC. *Escherichia coli* jenis ini juga menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui makanan dan minuman.

2.5.3 Pencegahan dan Pengendalian Infeksi *E. coli*

Secara umum, strategi untuk mencegah dan mengendalikan penyebaran *E.coli* harus mencakup akses air minum, praktik penanganan yang baik untuk mengurangi risiko kontaminasi makanan, tindakan sanitasi, pendidikan publik dan imunisasi (Mielke, 2010). Akses ke air minum yang aman adalah tujuan untuk mencegah infeksi *E. coli*. Meskipun masalah ini tidak secara langsung mempengaruhi negara-negara Eropa, ratusan juta orang di seluruh dunia masih tidak memiliki akses sumber air yang lebih baik.

Langkah-langkah untuk mencegah infeksi dari produk makanan termasuk penyimpanan yang tepat dan suhu memasak. Teknologi iradiasi makanan dapat digunakan untuk mengurangi secara signifikan mengurangi jumlah bakteri dalam produk berisiko tinggi. Penggunaannya diizinkan di Uni Eropa tetapi terbatas pada produk tertentu (EU Directive 1999/2 / EC dan 2009 / C 283/02) Namun, iradiasi makanan tidak dapat digunakan sebagai pengganti praktik kebersihan dan kesehatan atau praktik manufaktur makanan atau pertanian yang baik.

Tindakan rumah sakit yang membatasi risiko penyebaran patogen yang resisten terhadap banyak obat termasuk mencegah kontaminasi silang dengan menerapkan protocol kebersihan standar yang ketat dan mengendalikan penggunaan obat antimikroba (Mielke, 2010). Terutama untuk penyebaran patogen adalah tangan pekerja rumah sakit dan alat kesehatan. Kebersihan tangan yang baik sangat penting untuk pencegahan kontaminasi silang. Antibiotik sangat penting untuk pengendalian dan pengobatan infeksi *E. coli* pada manusia dan hewan. Namun, secara umum diyakini bahwa resistensi antimikroba dikaitkan dengan jumlah konsumsi antibiotik.

Untuk alasan ini, penggunaan antibiotik yang rasional dan bertanggung jawab harus menjadi prasyarat untuk mencegah munculnya dan penularan bakteri resisten (WHO, 2001). Selain itu, strategi yang tepat untuk mengendalikan dan memantau penggunaan antibiotik sangat penting untuk pengendalian dan penahanan resistensi, untuk pengendalian perubahan populasi bakteri, dan untuk pengembangan strategi terapi yang sesuai. Akhirnya, lebih banyak perhatian harus diberikan pada risiko yang terkait dengan pelepasan antimikroba ke lingkungan (Gillings, 2013). Probiotik mungkin merupakan salah satu pendekatan untuk profilaksis beberapa infeksi *E. coli*. Probiotik adalah mikroorganisme yang layak dan aman, terutama milik genus *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*, yang mampu menjajah saluran usus dan karena itu bersaing dengan bakteri patogen. Beberapa penelitian tentang potensi penggunaan probiotik untuk pencegahan atau pengobatan infeksi saluran cerna telah dilakukan. Pengobatan diare menular dengan probiotik menunjukkan efek yang menguntungkan dalam mengurangi tingkat diare.

Studi tentang efek probiotik pada penyakit radang usus, termasuk penyakit Crohn, juga menunjukkan efek yang menguntungkan, meskipun hasilnya sederhana. Penggunaan *Lactobacillus*, yang merupakan bagian dari mikrobiota dalam kesehatan manusia, dalam bentuk probiotik mengurangi risiko infeksi saluran kemih dan infeksi vagina (Tadesse *et al.*, 2012).

2.6 Bakteriofage

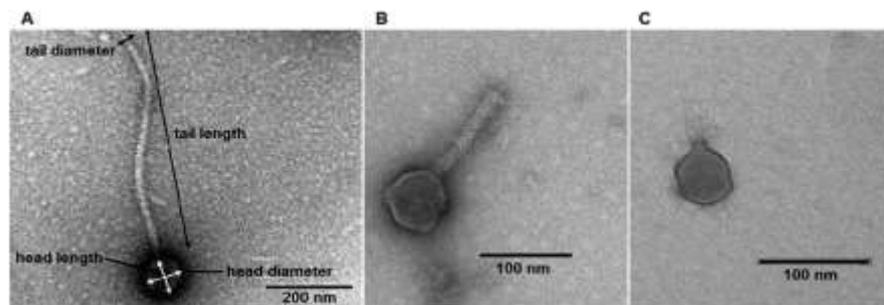
2.6.1 Definisi dan Karakteristik Bakteriofage

Bakteriofage biasanya disebut sebagai fag dan didefinisikan sebagai virus yang menginfeksi bakteri. Fag ada di mana-mana dan membutuhkan inang bakteri. Mereka juga merupakan organisme paling berlimpah yang ditemukan di biosfer. Interaksi bakteriofage-bakteri inang telah dieksplorasi oleh para ilmuwan sebagai alat untuk memahami biologi molekuler dasar, peristiwa rekombinasi genetik,

transfer gen horizontal, dan bagaimana evolusi bakteri telah didorong oleh fag (Henry et al., 2012).

Bakteriofag adalah virus yang memiliki kemampuan untuk berkembang biak hanya dalam sel bakteri, dan mereka dapat dideteksi hampir di mana-mana bakteri hidup ada (fag telah diisolasi dari semua lingkungan dan relung ekologis, misalnya, perairan pedalaman, mata air panas, air asin, tanah, air dingin) (Lin et al., 2010; Zheng et al., 2013; Zhan et al., 2015).

Bakteriofag merupakan virus bakteri yang memiliki materi genetik berupa DNA atau RNA, ditangkap oleh selubung protein. Fage adalah virus yang menginfeksi bakteri dan dapat langsung menghancurkan sel bakteri atau mengintegrasikan DNA-nya kedalam kromosom bakteri. Bakteriofag adalah virus yang menginfeksi dan melisiskan bakteri. Genom mereka juga dapat berupa DNA atau RNA (Brussow, 2016).



Gambar 2.4 Sktuktur Umum Bakteriofage dengan Elektron Mikrograph
(Sumber: Jurczak-kurek *et al.*, 2016)

Bakteriofage adalah anggota paling banyak mikrobioma usus, jumlahnya lebih dari 10 kali lipat dari bakteri usus, dan mereka adalah salah satunya pengatur populasi bakteri dan stabilitas mikrobiota yang paling penting (Dalmasso et al., 2014). Dua jenis utama bakteriofag telah dibedakan berdasarkan interaksi fage dengan sel bakteri. Jenis pertama adalah litik atau disebut fage litik yang bereplikasi di dalam sel bakteri inang dan membunuh bakteri untuk melepaskan partikel keturunan pada siklus akhir (Clokie & Kropinski, 2001).

Dari catatan, potensi fage litik ini memunculkan aplikasi fage ini untuk pengobatan bakteri infeksi (Salmond & Fineran, 2015). Tipe kedua, yang disebut fage lisogenik atau perantara, dapat bereproduksi

menggunakan siklus litik dan siklus lisogenik. Selama siklus lisogenik, bakteriofag memasukkan genomnya ke dalam DNA sel inang untuk bereplikasi secara pasif dengan inang, tanpa menghasilkan virion. Namun, fage lisogenik ini juga dapat beralih ke keadaan litik pada induksi, membunuh inangnya dengan melepaskan keturunannya dan dengan demikian mengurangi kelimpahan bakteri (Matsuzaki *et al.*, 2005).

Berdasarkan morfologi dan kandungan asam nukleatnya, bakteriofage dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok yaitu fage yang memiliki kepala dan ekor diklasifikasikan dalam Ordo *Caudoviridie* (family *Myoviridie*, *Siphoviridie* dan *Podoviridae*) dan fage yang hanya memiliki kepala tanpa ekor yaitu fage DNA *Polyhedral* (*Microviridae*, *Corticoviridae* dan *Tectiviridae*), fage RNA *Polyhedral* (*Leviviridae* dan *Cytoviridae*), fage *Filamentous* (*Inoviridae* dan *Lipothrivradae*) dan fage *Pleomorphic* (*Plasmaviridae* dan *Fuelloviridae*) (Grabow, 2001).

2.6.2 Aplikasi Bakteriofage

Fag ditemukan secara independen oleh dua ilmuwan yang berbeda: Frederick Twort, ahli patologi Inggris, pada tahun 1915 dan lagi oleh Félix d'HéRelle, seorang ahli mikrobiologi Kanada, pada tahun 1917 (Salmond *et al.*, 2015). Terapi fag pertama kali dicoba oleh d'Herelle untuk mengobati manusia secara terapi. Menariknya, uji coba awal terapi fag ini awalnya menghasilkan hasil yang mengesankan. Namun, temuan umum sangat kontroversial karena studi tersebut terganggu dengan masalah seperti kontrol kualitas yang tidak memadai dan kegagalan untuk memasukkan kelompok kontrol untuk perbandingan (Haq Iet al., 2012). Hasil yang tidak konsisten karena kurangnya reproduktifitas mengakibatkan penurunan minat dalam terapi fag (Wittebole *et al.*, 2014). Selain itu, penemuan dan kemudahan penggunaan banyak antibiotik kimia semakin mengurangi minat dalam penelitian terapi fag di Amerika Serikat. Sementara itu, penyelidikan terapi fag berlanjut di Uni Soviet, Eropa Timur, dan Prancis. Pada awal 1980-an, minat baru dalam terapi fag terbentuk terutama karena peningkatan patogen multi-obat (MDR) dan

keinginan untuk menemukan metode pengobatan alternatif untuk penggunaan antibiotik kimia (Sulakvelidze *et al.*, 2001). Akibatnya, penyelidikan baru difokuskan pada penggunaan terapi fag dalam pengobatan infeksi manusia serta di bidang pertanian, ilmu kedokteran hewan, industri, dan keamanan makanan.

Penggunaan bakteriofag dalam terapi fag antimikroba didasarkan pada kemampuan untuk mengenali, mengadsorpsi dan memperbanyak diri hanya dalam sel bakteri dan menyebabkan lisisnya. Terapi fag didefinisikan sebagai penggunaan virus spesifik bakteri untuk melawan bakteri patogen penyebab infeksi (Loc-Carrillo & Abedon, 2011). Bakteriofag umumnya sangat spesifik dan dapat aktif melawan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif yang resisten terhadap antibiotik (Carlton *et al.*, 2005). Fage terbukti mampu mencegah dan mengobati berbagai penyakit seperti infeksi paru-paru yang disebabkan oleh *Pseudomonas aeruginosa* (Maura *et al.*, 2012).

Beberapa fag telah disetujui oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) untuk digunakan pada tanaman yang ditujukan untuk konsumsi manusia. Penggunaan terapi fag pada tanaman masih dalam tahap awal. Perusahaan dan organisasi berfokus pada penemuan, isolasi, dan pemasaran produk bakteriofag untuk mengendalikan bakteri patogen dalam lingkungan, pemrosesan makanan, dan pengaturan medis dengan harapan mengurangi kehilangan produk dan biaya produksi (Meaden *et al.*, 2013).

Dalam pengolahan makanan, produk berbasis fag telah digunakan untuk dekontaminasi dan eliminasi patogen dari sumber makanan untuk mengurangi penyakit yang disebabkan oleh makanan yang disebabkan oleh bakteri. Beberapa produk berbeda telah dibuat yang menargetkan patogen bawaan makanan seperti *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, dan *E. coli O157: H7*. Beberapa penelitian telah meneliti kemanjuran terapi fag pada tanaman. Dua (f_{fage}RSSKD1 dan f_{RSSKD2}) telah diisolasi yang menginfeksi patogen layu pisang *Ralstonia solanacearum*. Fag ini mampu menginfeksi tujuh dari sembilan strain patogen yang diuji

(Addy *et al.*, 2016). Tiga fag diisolasi yang menginfeksi beberapa isolat patogen hawar kedelai *Pseudomonas syringae pv. glycinea* (Susianto *et al.*, 2014).

Fage telah dibersihkan untuk digunakan sebagai makanan dan biokontrol lingkungan oleh beberapa lembaga seperti EPA (*Environmental Protection Agency*/ Badan Perlindungan Lingkungan) dan USDA (*United State Depaprtment of Agriculture*/ Departemen Pertanian Amerika Serikat) (Omnilytics' AgriphageTM) (Lu & Koeris 2011).

2.7 Penelitian Relevan

Sehubungan dengan penelitian eksplorasi fage litik spesifik *Escherichia coli* pada perairan Sungai Buah Kecamatan Ilir Timur II Kota Palembang, peneliti berusaha mencari sumber rujukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini serta memberikan informasi tentang keaslian penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bibi *et al* (2016), penelitiannya tentang isolasi Fag PE 1 dari limbah rumah sakit mengurangi pertumbuhan *Escherichia coli* yang dimana Fag PE 1 telah menunjukkan kisaran inang sempit yang cocok untuk digunakan dalam terapi fag. Fag menunjukkan aktivitas litik hingga 70°C dan pada kondisi basa, tetapi pada kondisi asam yang lebih tinggi aktivitasnya menurun. Periode laten dan ukuran burst PE 1 diperkirakan dari kurva pertumbuhan satu langkah adalah 40 masing-masing min dan 185 unit pembentuk plak per sel. Itu phage PE 1 mengurangi pertumbuhan bakteri inang selama inisial 12 jam infeksi; Namun, bakteri inang mengalami resistensi setelah itu. Selama periode pengamatan 24 jam, bakteriofage masih bisa mengurangi pertumbuhan bakteri inangnya terbukti dengan kepadatan optik yang lebih rendah dalam sampel yang diberi fag dibandingkan dengan kontrol. Genom fag beruntai ganda DNA dan berukuran lebih dari 12kb. Manipulasi lebih lanjut genom dan protein dapat membantu mengungkap aspek unik fag ini, untuk menggunakannya dalam terapi fag terhadap *E. coli*.

2. Mahadevan *et al* (2009), judul penelitian tentang Isolasi Bakteriofage spesifik tuan rumah dari limbah terhadap patogen manusia. Sebanyak lima isolat bakteri diperoleh dari air limbah, sampel dari pabrik pengolahan limbah yang berlokasi di Jinke Park, Bangalore, India. Berdasarkan morfologi koloni, karakterisasi biokimia dan pertumbuhan pada media selektif, isolat diidentifikasi sebagai *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klinsiella* sp. dan *Shigella*. Dari lima isolat yang berbeda tiga sensitif terhadap bakteriofag. Kultur sensitif milik Genera *Salmonella Typhi*, *Escherichia Coli* dan *Pseudomonas Aeruginosa*. Filtrat fage, ketika terlihat pada kultur dari bakteri host masing-masing, menghasilkan pengembangan zona yang jelas yang menunjukkan adanya bakteriofag litik terhadap bakteri tuan rumah. Juga ditemukan bahwa masing-masing fag untuk *E. coli* dan *Salmonella typhi* hanya mampu menginfeksi bakteri tuan rumah aslinya, sedangkan, fag untuk *Pseudomonas aeruginosa* mampu menginfeksi *Pseudomonas* dan *E. coli*, Studi morfologi dan karakterisasi dari fag ini saat ini sedang dilakukan.

Fage yang terisolasi ini dapat menampung banyak janji sebagai pilihan pertama profilaksis (terapi fase) terhadap infeksi nosokomial dan sekunder dengan bakteri yang mematenkan multi-obat dalam waktu dekat.

3. Rusmana & Budiarti, (2016), dalam penelitian yang berjudul “karakteristik biologis dan efektivitas litik dari fage yang diisolasi dari air limbah domestik terhadap *Salmonella* spp.” Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mempelajari efektivitas fag litik dari air limbah domestik untuk mengurangi populasi *Salmonella* spp. Metodologi: Fag litik dari beberapa air limbah domestik diidentifikasi menggunakan mikroskop elektron transmisi untuk mengetahui fag morfologis

Hasil air limbah domestik: Tiga fase litik (F-SB1, F-SB2, dan F-SB3), berhasil diisolasi dari air limbah domestik, menunjukkan kepala *icosahedral* dengan ekor pendek atau panjang sebagai karakteristik morfologisnya. Fage ini secara morfologis mirip dengan fag dari famili *Siphoviridae*, *Myoviridae* dan *Podoviridae*. Tiga fage litik terisolasi stabil pada 27 ° C hingga 37 ° C, pH 4-7 dalam buffer natrium magnesium dan

secara efektif menurunkan populasi *Salmonella* spp., Namun tidak dapat melisis *E. coli*. Isolasi fag litik terhadap *Salmonella* spp. Tiga fag litik diperoleh dengan morfologi berbeda yang terinfeksi *Salmonella* spp. Dengan karakteristik biologis yang serupa, fag-fag ini berada dalam penurunan populasi *Salmonella*. Interpretasi: Semua fag litik terisolasi dalam penelitian ini dapat berkontribusi sebagai fag koktail dalam menurunkan populasi *Salmonella* spp.

4. Mahsa Yazdi *et al.*, (2020) dalam penelitiannya berjudul ‘Analisis genom dari bakteriofage VB_ ecosS-Golestan multi-resisten *Escherichia coli* diisolasi dari infeksi saluran kemih’. Metodologi: Fage litik diisolasi dari air limbah, diuji dengan sensitivitas antibiotik dari isolate klinik, deteksi faktor virulensi pada isolate bakteri, diidentifikasi menggunakan mikroskop electron, stabilitas fage, analisis efek ion kalsium dan magnesium terhadap laju adsorpsi, karakteristik bakteriofage litik, Ekstraksi genom DNA dan analisis restriksi, analisis proteomic dan seluruh urutan genom. Hasil penelitian ini VB_EcoS-Golestan adalah fag milik virulen Kagunavirus genus dari Guernseyvirinae subfamili, Siphoviridae keluarga. Bakteriofag litik ini memiliki spesifisitas kisaran inang yang luas terhadap isolat UPEC yang sensitif terhadap antibiotik dan resisten multidrug, waktu adsorpsi yang cepat, dan ukuran ledakan yang besar, serta stabilitas tinggi pada berbagai pH dan suhu, yang menjadikannya agen yang menjanjikan melawan *E. coli* infeksi. Selain itu, penjelasan dari seluruh urutannya menegaskan bahwa tidak ada faktor virulensi dalam genomnya termasuk, gen toksin, lisogenik atau resistensi antibiotik. Oleh karena itu, VB_EcoS-Golestan adalah agen potensial untuk terapi fag ISK yang disebabkan oleh *E. coli*.

Dari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian, peneliti tertarik untuk memanfaatkan Fage Litik yang akan digunakan sebagai biokontrol bakteri patogen khususnya *Escherichia coli* dengan cara melisis sel bakteri inang sehingga bakteri inang mati.