

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Emulgel

Emulgel merupakan sediaan farmasi yang mengombinasikan sifat emulsi dan gel. Sediaan ini dikenal sebagai solusi potensial untuk mempermudah penghantaran obat-obat hidrofobik. Proses ini dilakukan melalui enkapsulasi, di mana obat-obatan tersebut terperangkap dalam matriks emulgel. Selain itu, penggunaan pembawa berperan dalam membantu penetrasi emulgel serta pelepasan obat yang terenkapsulasi ke dalam kulit. (Ulfa et al., 2024)

Formulasi emulgel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan emulsi, terutama karena penggunaan agen pengental dalam sistem emulsi yang meningkatkan stabilitasnya dengan menaikkan viskositas pada fase air. Meskipun emulsi dan gel memiliki karakteristik yang berbeda, formulasi gel menghadapi kendala dalam mengantarkan zat farmasi yang bersifat hidrofobik. Kendala ini dapat diatasi dengan menambahkan agen pengental, di mana emulsi dimasukkan ke dalam gel dasar untuk membentuk sediaan emulgel. (Ulfa et al., 2024)

2.2 Tinjauan Bahan Aktif

1. Minyak Jagung

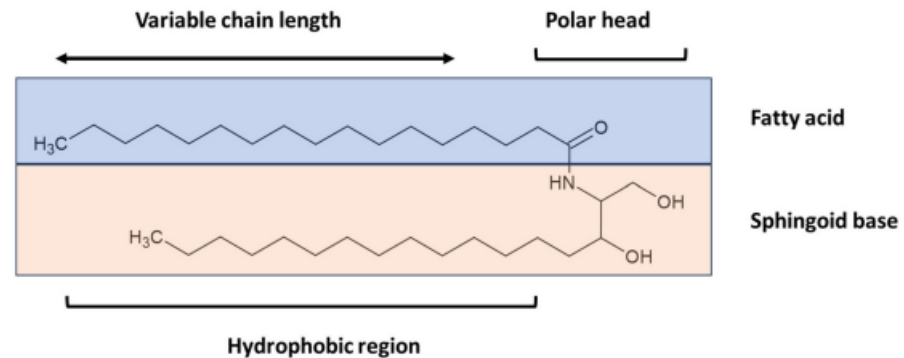
Menurut (Sinaga, 2018).Klasifikasi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
Sub Kingdom : Tracheobionta (Tumbuhan Berpembuluh)
Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan Biji)
Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan Berbunga)
Kelas : Liliopsida (Berkeping Satu/Monokotil)
Sub Kelas : Kommolinidae
Ordo : Poales
Family : Poaceae (Suku Rumput-Rumputan)

Jagung mengandung fitokimia fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai sumber antioksidan alami. Salah satu senyawa bioaktif penting dalam jagung yang berfungsi sebagai antioksidan adalah isoflavon. Isoflavon dalam ekstrak jagung mampu menghambat efek sinar UVB yang dapat memicu kematian keratinosit. Selain itu, ekstrak jagung juga berperan

dalam mengurangi pelepasan hidrogen peroksida (H_2O_2) dari dalam sel akibat paparan sinar UVB. (Kenanga Sari & Saraswati, 2023)

2. *Ceramide*



Gambar 1 Struktur *Ceramide* (Schild et al., 2024)

Ceramide umumnya berbentuk serbuk halus atau padatan lilin berwarna putih hingga putih kekuningan. Senyawa ini memiliki kelarutan yang rendah dalam air karena sifatnya yang hidrofobik, namun dapat larut dalam *polyvinylpyrrolidone* (PVP) maupun berbagai jenis minyak. (Sasmitasari et al., 2024). *Ceramide* memiliki titik leleh sekitar 80°C dan rentan mengalami rekristalisasi selama proses pendinginan, sehingga pemilihan minyak, *emulsifier*, dan pengental yang tepat sangat penting untuk mencegah terjadinya rekristalisasi. Penyimpanan *ceramide* sebaiknya dilakukan dalam wadah yang tertutup rapat untuk menjaga stabilitasnya. Secara umum, *ceramide* digunakan sebagai bahan aktif dalam berbagai formulasi. (Schild et al., 2024)

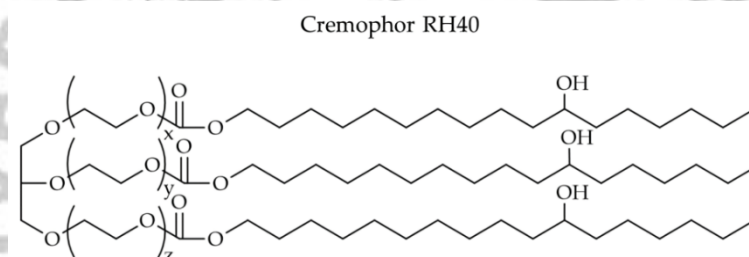
Ceramide di lapisan *stratum korneum* (SC) terdiri dari dua komponen utama, yaitu basa sphingoid dan rantai asil dari asam lemak, yang terikat melalui ikatan amida. Basa sphingoid terbentuk dari kombinasi asam palmitat dan serin. Jenis *ceramide* yang berbeda dipengaruhi oleh variasi panjang rantai asil, tingkat kejenuhannya, posisi hidroksil (α atau ω) pada rantai asil, serta keberadaan atau kejenuhan gugus hidroksil pada rantai karbon sphingoid. (Schild et al., 2024)

Ceramide merupakan komponen lipid utama pada *stratum korneum*, mencakup sekitar 30-40% dari total massa lipid di lapisan tersebut. *Ceramide* terdiri dari basa sphingoid rantai panjang, seperti *dihydrosphingosine*, *sphingosine*, *phytosphingosine*, atau 6-

hydroxysphingosine, yang terikat dengan asam lemak bebas rantai panjang melalui ikatan amida. Asam lemak ini dapat berupa asam lemak non-hidroksi, asam lemak α -hidroksi, atau asam lemak ω -hidroksi yang terhubung dengan ester. Jumlah gugus hidroksil pada ceramide berperan penting dalam menjaga integritas fungsi barier stratum korneum. Ceramide juga menunjukkan keragaman dalam panjang rantai karbon (16-30 karbon), tingkat kejenuhan, dan pola hidroksilasi. Umumnya, panjang rantai asam lemak dalam *ceramide* berkisar antara 24-26 karbon, meskipun terdapat sejumlah kecil asam lemak dengan panjang rantai 16-18 karbon. Panjang rantai ini memengaruhi permeabilitas kulit dan fungsi barier stratum korneum. (Christine et al., 2023)

2.3 Tinjauan Bahan Tambahan

1. *Cremophor RH40*



Gambar 2 Struktur Chremophor RH40 (Kraisit et al., 2024)

Cremophor RH 40 merupakan cairan kental atau pasta lembut yang memiliki aroma sangat ringan dalam larutan air dan hampir tidak berasa. Senyawa ini mudah larut dalam air, kloroform, etanol, asam lemak, alkohol, serta minyak nabati. *Cremophor RH 40* memiliki titik leleh sekitar 30°C dan stabil pada pH 5 hingga 7. Stabilitasnya tetap terjaga dalam larutan campuran alkohol dan air, meskipun peningkatan suhu dapat menyebabkan larutan menjadi keruh. Dalam kondisi pH yang sangat rendah atau sangat tinggi, senyawa ini rentan mengalami saponifikasi. Selain itu, cremophor RH 40 diketahui dapat memperpanjang waktu pelarutan tablet digoksin. Penyimpanan yang tepat memerlukan wadah tertutup rapat, terlindung dari paparan cahaya, serta ditempatkan di tempat yang sejuk dan kering. Secara umum, senyawa ini berfungsi sebagai *emulsifying agent*, *solubilizing agent*, dan *wetting agent*. (Handbook of Pharmaceutical Excipients 6th edition)

Cremophor RH 40 adalah surfaktan non-ionik yang berperan sebagai *solubilizer* dan *enhancer*, mampu meningkatkan kelarutan obat serta memperbaiki bioavailabilitasnya. Surfaktan ini juga diketahui dapat menghambat aktivitas *P-glycoprotein* (p-gp), sehingga mendukung peningkatan penyerapan obat dalam tubuh. *Cremophor RH 40* sering digunakan dalam formulasi karena memiliki nilai keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) yang tinggi, yang berperan dalam meningkatkan efisiensi proses nanoemulsifikasi spontan. Selain itu, surfaktan ini juga efektif mencegah terjadinya *Ostwald ripening* pada nanoemulsi, sehingga membantu menjaga stabilitas formulasi dalam jangka waktu beberapa bulan. (Adi et al., 2019)

Penggunaan *cremophor RH-40* dalam formulasi emulgel yang mengandung *ceramide* dan minyak biji jagung (*Zea mays l.*) sebagai bahan aktif merupakan pilihan yang tepat. Surfaktan non-ionik ini memiliki tingkat toksisitas yang relatif rendah, sehingga aman untuk diaplikasikan dalam sediaan topikal. Dengan nilai HLB sekitar 14-16, *cremophor RH-40* mampu berfungsi secara optimal dalam sistem emulgel. (Catur Adi et al., 2019)

Cremophor RH-40 memiliki keunggulan berupa struktur unik dengan rantai alkil bercabang yang dapat menembus fase minyak dan membentuk lapisan surfaktan di sekelilingnya. Proses ini memfasilitasi pembentukan emulsi spontan yang stabil. Dalam formulasi ini, *cremophor RH-40* berperan dalam memastikan pemerataan distribusi bahan aktif seperti *ceramide* dan minyak biji jagung, yang berkontribusi pada optimalisasi efek antioksidan serta meningkatkan stabilitas dan efektivitas emulgel. (Catur Adi et al., 2019)

2. *Polyacrylate Crosspolymer-6*

Senyawa ini berbentuk serbuk berwarna putih hingga putih kekuningan, tidak berbau, dan mudah menyerap air. Senyawa ini larut dalam berbagai pembawa berbasis air dengan titik leleh sekitar 20°C. Stabil pada pH 6,2 hingga 6,3, serta tetap menunjukkan stabilitas meskipun berada dalam kondisi pH yang rendah. Namun, pada pH yang lebih rendah,

diperlukan penambahan *polyacrylate crosspolymer-6* untuk mencapai viskositas yang memadai. Akan tetapi, penggunaan polimer ini dalam jumlah yang lebih tinggi cenderung mengurangi kemampuan alir komposisi, terutama pada pH rendah. Untuk menjaga kualitasnya, senyawa ini sebaiknya disimpan dalam wadah yang tertutup rapat di tempat yang sejuk dan kering. Secara umum, senyawa ini digunakan sebagai *gelling agent*. (Himawan fanny & Shuhei tanaka, 2024)

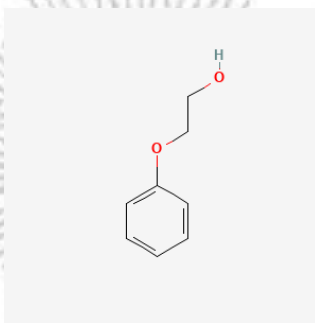
Polyacrylate crosspolymer-6, atau yang lebih dikenal sebagai *sepimax zen*, adalah polimer non-ionik yang sering digunakan dalam industri kosmetik dan farmasi. Senyawa ini berfungsi sebagai pengental, penstabil emulsi, serta agen pembentuk tekstur yang berperan dalam meningkatkan viskositas dan menjaga stabilitas formulasi. Berkat sifatnya tersebut, *sepimax zen* banyak diaplikasikan dalam beragam produk perawatan kulit, seperti gel, emulgel, dan krim. (Bahloul et al., 2024)

Dalam sediaan topikal, *sepimax zen* berperan dalam membentuk gel dengan tekstur lembut, jernih, dan tidak meninggalkan rasa lengket, sehingga memberikan kenyamanan saat diaplikasikan. Proses gelifikasi ini juga meningkatkan daya rekat produk pada kulit, memastikan bahan aktif bekerja lebih optimal. Selain itu, formulasi yang menggunakan *sepimax zen* memiliki viskositas tinggi dan stabilitas yang baik, serta mampu menjaga pH dalam kisaran aman (6,2–6,3), sehingga mengurangi potensi iritasi. Sifat reologi dari formulasi ini memperlihatkan karakter *shear-thinning* atau pseudoplastik, yang memudahkan penyebaran produk saat diaplikasikan ke kulit. Berdasarkan penelitian *in vivo*, nanoemulsi-gel dengan *sepimax zen* terbukti mendukung percepatan penyembuhan luka. Formulasi ini membantu menjaga kelembapan kulit, mengurangi kehilangan air transepidermal, dan melindungi kulit dari pengaruh luar yang dapat memperlambat proses pemulihan. (Bahloul et al., 2024)

Polyacrylate crosspolymer-6 merupakan bahan dengan berat molekul tinggi yang digunakan dalam formulasi produk kosmetik dan perawatan kulit sebagai agen pengental, penstabil emulsi, dan pembentuk lapisan pelindung. Dalam penelitian yang melibatkan serum BK46, bahan

ini berperan penting dalam mendukung kesehatan kulit, terutama bagi penderita *rosacea*. *Polyacrylate crosspolymer-6* berfungsi menciptakan lapisan pelindung di permukaan kulit, yang membantu mengurangi hilangnya kelembapan alami, sehingga kulit tetap terhidrasi dengan baik. Manfaat ini sangat berguna bagi kulit yang cenderung kering akibat *rosacea*. Selain itu, senyawa ini memastikan stabilitas formulasi serum tetap terjaga, mendukung efektivitasnya selama penggunaan. Tidak hanya memberikan perlindungan dan hidrasi, *polyacrylate crosspolymer-6* juga menciptakan sensasi lembut dan nyaman saat diaplikasikan, menjadikannya pilihan tepat untuk kulit sensitif. Secara keseluruhan, bahan ini memegang peranan penting dalam meningkatkan efektivitas serum BK46 dalam merawat kulit dengan *rosacea*, menjaga kelembapan, dan melindungi kulit dari potensi iritasi. (Maggioni et al., 2020)

3. *Phenoxyethanol*



Gambar 3 Struktur *Phenoxyethano*. (Pubchem)

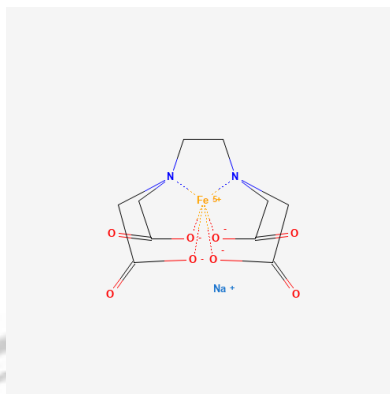
Phenoxyethanol adalah cairan tidak berwarna dengan tekstur agak kental, memiliki aroma samar yang menyenangkan, dan rasa yang sedikit membakar. Senyawa ini memiliki bobot molekul sebesar 152,18 dan larut sempurna dalam *acetone*, *ethanol* 95%, serta gliserin, namun sukar larut dalam minyak nabati, air, dan *mineral oil*. *Phenoxyethanol* memiliki titik didih sekitar 245,28°C dan titik leleh sebesar 148°C, dengan tingkat keasaman pH sekitar 6. Stabil dalam larutan air, namun aktivitas antimikrobanya dapat melemah akibat interaksi dengan surfaktan non-ionik atau karena penyerapan oleh polivinil klorida (PVC). Selain itu, keberadaan turunan selulosa seperti metilselulosa, natrium karboksimetilselulosa, dan hipromelosa (hidroksipropilmetilselulosa) juga diketahui dapat mengurangi

efektivitasnya terhadap *pseudomonas aeruginosa*. Untuk menjaga kualitasnya, *phenoxyethanol* sebaiknya disimpan dalam wadah yang tertutup rapat serta ditempatkan di tempat yang sejuk dan kering. Secara umum, senyawa ini digunakan sebagai pengawet. (Handbook of Pharmaceutical Excipients 6th edition)

Phenoxyethanol merupakan cairan bening dengan kekentalan ringan, memiliki aroma lembut, dan memberikan sensasi sedikit terbakar saat dicicipi. Dalam dunia kosmetik dan sediaan topikal, senyawa ini digunakan sebagai pengawet antimikroba pada konsentrasi 0,5-1%, serta berfungsi sebagai agen pengawet dan antimikroba dalam vaksin. *Phenoxyethanol* mudah larut dalam aseton, etanol 95%, dan gliserin. Selain itu, berdasarkan keputusan Menteri Agama Republik Indonesia, senyawa ini termasuk dalam kategori bahan yang tidak memerlukan sertifikasi halal. (Ardhiansyah Alwi Farhan, 2024)

Phenoxyethanol adalah pengawet cair yang bebas dari paraben dan formaldehida serta telah diakui secara global. Senyawa ini sering digunakan bersama bahan lain untuk memberikan perlindungan maksimal terhadap pertumbuhan mikroorganisme sekaligus menjaga kualitas produk. Sebagai zat multifungsi, *phenoxyethanol* berperan sebagai humektan, agen pembasah, pengatur viskositas, dan antimikroba. Kombinasinya dengan berbagai bahan memungkinkan perlindungan spektrum luas terhadap bakteri, ragi, dan jamur. Seiring meningkatnya permintaan akan pengawet alternatif dalam kosmetik, *phenoxyethanol* menjadi pilihan yang banyak diminati karena tidak mengandung bahan kontroversial. Penggunaannya dalam berbagai formulasi kosmetik sangat luas karena mampu bekerja dalam rentang pH yang beragam, menjaga stabilitas produk, serta melindunginya dari risiko kontaminasi mikroorganisme. (Refika Putri Ayu, 2025)

4. Na-EDTA

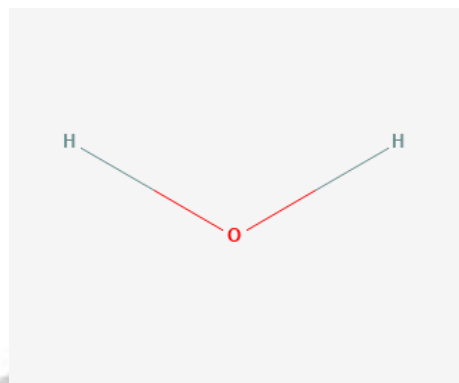


Gambar 4 Struktur Na-EDTA (Pubchem)

Senyawa ini berbentuk serbuk kristal putih, tidak berbau, dan memiliki rasa yang sedikit asam. Kelarutannya bervariasi, di mana senyawa ini praktis larut dalam kloroform dan eter, namun hanya sedikit larut dalam etanol (95%). Dengan titik leleh sekitar 252°C, senyawa ini memiliki tingkat keasaman dengan pH berkisar antara 4,3 hingga 4,7. Stabilitasnya lebih baik dalam bentuk garam. Dari segi inkompatibilitas, senyawa ini mampu melepaskan karbon dioksida dari karbonat serta bereaksi dengan logam membentuk hidrogen. Selain itu, senyawa ini tidak kompatibel dengan agen pengoksidasi kuat, basa kuat, ion logam, dan paduan logam. Untuk menjaga kualitasnya, senyawa ini sebaiknya disimpan dalam wadah yang bebas alkali. Secara umum, senyawa ini digunakan sebagai *chelating agent*. (Handbook of Pharmaceutical Excipients 6th edition)

EDTA, atau asam etilen diamina tetra asetat, merupakan agen pengkhelat yang berfungsi mengikat ion logam dan digunakan untuk mengeliminasi logam berat beracun dari tubuh. Salah satu turunannya, yaitu garam dinatrium EDTA, sering ditemukan dalam berbagai formulasi farmasi. Cara kerja EDTA melibatkan interaksi dengan ion logam bermuatan ganda (divalen) maupun tiga (trivalen), seperti kalsium dan magnesium, melalui empat gugus karboksilat serta dua gugus amina dalam strukturnya. Kemampuan ini memungkinkan EDTA menangkap kalsium bebas dalam sekret hidung, membentuk kompleks yang stabil, dan membantu proses eliminasi logam tersebut. (Kurniawan, 2024)

5. Aquadest



Gambar 5 Struktur Aquadest (Pubchem)

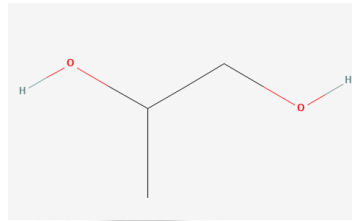
Senyawa ini berwarna bening, tidak beraroma, dan tidak memiliki rasa, dengan bobot molekul sebesar 18,015 g/mol. Senyawa ini memiliki titik didih 100°C dan titik leleh 0°C, serta pH yang stabil pada angka 7. Dalam hal inkompatibilitas, senyawa ini dapat mengalami hidrolisis pada suhu kamar dan mampu bereaksi dengan logam alkali serta oksida lainnya, seperti magnesium dan kalsium oksida. Selain itu, senyawa ini berpotensi berinteraksi dengan obat atau bahan tambahan lainnya. Untuk menjaga kualitasnya, senyawa ini sebaiknya disimpan dalam wadah yang tertutup rapat. Secara umum, senyawa ini digunakan sebagai pelarut. (Khotimah et al., 2017)

Aquades, atau air suling, adalah air murni yang dihasilkan melalui proses destilasi, sehingga kandungan mineral di dalamnya sangat minim. Air ini sering digunakan di laboratorium karena kemampuannya melarutkan berbagai zat dengan lebih efektif dibandingkan sebagian besar cairan lainnya. Senyawa organik netral seperti gula, alkohol, aldehida, dan keton mudah larut dalam aquades. Hal ini terjadi karena molekul aquades mampu membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil pada gula dan alkohol, serta gugus karbonil pada aldehida dan keton. (Khotimah et al., 2017)

Sebagai hasil dari proses destilasi, aquades merupakan air murni yang terbebas dari berbagai zat pengotor, sehingga sangat cocok digunakan di lingkungan laboratorium. Air ini bersifat bening, tidak beraroma, dan tidak memiliki rasa. Salah satu kegunaan utamanya adalah untuk membilas peralatan laboratorium, guna memastikan tidak ada sisa zat yang dapat

memengaruhi keakuratan eksperimen maupun analisis.(Khotimah et al., 2017)

6. Propilenglikol



Gambar 6 Struktur Propilenglikol (Pubchem)

Propilenglikol berbentuk cairan bening, tidak berwarna, kental, hampir tidak berbau, dengan rasa manis dan sedikit tajam. Memiliki bobot molekul sebesar 76,09 g/mol, senyawa ini larut dalam aseton, kloroform, etanol (95%), gliserin, dan air, serta dapat larut dalam perbandingan 1 bagian per 6 bagian eter. Meskipun tidak larut dalam minyak, senyawa ini mampu melarutkan beberapa jenis minyak atsiri. Titik didihnya mencapai 188°C, sedangkan titik lelehnya berada pada -59°C. Stabilitasnya tetap terjaga saat dicampur dengan etanol (95%), gliserin, atau air. Namun, senyawa ini dapat bereaksi dengan pereaksi pengoksidasi seperti kalium permanganat. Untuk menjaga kualitasnya, senyawa ini sebaiknya disimpan dalam wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan sejuk. Secara umum, senyawa ini digunakan sebagai humektan, pengawet, dan pelarut. (Handbook of Pharmaceutical Excipients 6th edition)

Propilen glikol adalah senyawa multifungsi yang banyak digunakan dalam formulasi farmasi dan kosmetik. Sebagai humektan, senyawa ini berperan menjaga kelembapan dengan menarik serta mempertahankan air dalam formulasi. Dalam pembuatan gel, propilen glikol membantu mempertahankan stabilitas gel dengan mencegah penguapan air yang berlebihan. Meski begitu, penggunaan propilen glikol dalam konsentrasi tertentu dapat menurunkan viskositas gel, membuat teksturnya menjadi lebih encer. (Putri & Setiyadi., 2023)

Selain berfungsi sebagai humektan, propilen glikol juga berperan sebagai agen peningkat penetrasi. Senyawa ini bekerja dengan melemahkan struktur lipid di lapisan kulit, sehingga mempermudah penyerapan zat aktif

ke lapisan kulit yang lebih dalam. Dalam hal merangsang pertumbuhan folikel rambut, propilen glikol membantu meningkatkan penyerapan zat aktif di kulit kepala, mendukung efektivitasnya dalam mempercepat proses pertumbuhan rambut. (Cintya et al., 2023)

Berbagai badan pengawas telah menyetujui penggunaan propilen glikol dalam sediaan farmasi dan kosmetik, asalkan digunakan dalam konsentrasi yang aman. Dalam formulasi topikal, senyawa ini sering dipadukan dengan zat aktif lainnya untuk meningkatkan kinerja serta memperpanjang efek dari sediaan tersebut. Dengan kemampuannya yang serbaguna dan cocok untuk berbagai jenis formulasi, propilen glikol menjadi komponen penting dalam industri farmasi dan kosmetik. (Cintya et al., 2023)

2.4 Tinjauan Angka Lempeng Total

2.4.1 Pengertian Angka Lempeng Total (ALT)

Metode angka lempeng total (ALT) digunakan untuk menghitung jumlah bakteri dalam suatu sampel dengan menumbuhkannya pada media khusus. Setiap sel bakteri akan membentuk koloni yang dapat diamati dan dihitung secara langsung. Jumlah bakteri yang terdeteksi dipengaruhi oleh jenis serta komposisi bakteri dalam sampel, serta kondisi media yang digunakan. Melalui metode ini, tingkat kontaminasi mikroba dalam sampel dapat diukur dengan lebih akurat berdasarkan jumlah koloni yang terbentuk. (Aissa Febrya et al., 2024)

Metode angka lempeng total (ALT) digunakan untuk menghitung jumlah mikroorganisme dalam suatu sampel secara kuantitatif. Prinsip kerja metode ini melibatkan perhitungan koloni bakteri *aerob mesofil* yang tumbuh setelah inokulasi sampel dan inkubasi pada suhu tertentu. Bakteri aerob mesofil memerlukan oksigen untuk metabolisme dan mampu berkembang dalam rentang suhu 15-55°C, dengan suhu optimal berkisar antara 25-40°C, seperti yang umum ditemukan pada makanan dan minuman. (Setyawati, 2020)

Uji angka lempeng total (ALT) umumnya dilakukan menggunakan metode tuang (*Pour Plate*). Dalam metode ini, larutan sampel sebanyak 1 ml atau 0,1 ml dari hasil pengenceran yang diinginkan dipipet ke dalam cawan petri steril. Kemudian, media agar steril sebanyak 10-20 ml dituangkan ke dalam cawan

tersebut. Selama proses penuangan, cawan petri dijaga dalam keadaan setengah tertutup untuk mencegah kontaminasi. Setelah media dituangkan, campuran diaduk perlahan dengan gerakan memutar hingga merata, lalu dibiarkan mengeras. Setelah itu, cawan petri diinkubasi pada suhu dan waktu yang sesuai. Setelah masa inkubasi berakhir, koloni bakteri yang tumbuh dihitung guna menentukan jumlah mikroba dalam sampel. (Setyawati, 2020)

2.4.2 Metode Perhitungan Angka Lempeng Total

Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan terhadap jumlah koloni mikroba yang tumbuh. Untuk metode cara lempeng, koloni dihitung jika jumlahnya berada dalam rentang 30 hingga 300 koloni pada cawan Petri. Sementara untuk metode penyaringan membran, jumlah koloni yang dapat dihitung adalah antara 15 hingga 150 koloni. Jika jumlah koloni lebih sedikit dari batas bawah tersebut, maka perhitungannya mengikuti ketentuan yang berlaku

Untuk metode pengkayaan, pengamatan dilakukan setelah hasil subkultur diinkubasi. Permukaan media agar diperiksa untuk melihat apakah terdapat pertumbuhan bakteri atau tidak, lalu dicatat hasilnya. Dalam menyatakan hasil, khususnya untuk menghitung Angka Lempeng Total (ALT), digunakan rumus sebagai berikut:

$$N = m / (V \times d)$$

Di mana N adalah jumlah mikroba dalam contoh, m adalah rata-rata jumlah koloni dari hasil duplo, V adalah volume inokulum yang ditanam pada cawan (dalam mililiter), dan d adalah faktor pengenceran dari larutan contoh.

$$N = c / (V \times d)$$

Jika hanya satu cawan yang digunakan, c adalah jumlah koloni pada cawan tersebut.

$$N = x c / (V \times d)$$

Jika digunakan dua pengenceran berturut-turut, maka digunakan rata-rata jumlah koloni dari dua tingkat pengenceran, disebut x c.

$$N = \frac{\sum C}{(1 \times n1) + (0,1 \times n2) \times d}$$

Keterangan:

N : Jumlah koloni dalam koloni per ml atau per gram.

ΣC : Jumlah koloni dari masing-masing petri.

n_1 : Jumlah petri dari pengenceran pertama.

n_2 : Jumlah petri dari pengenceran kedua.

d : Pengenceran pertama yang dihitung.

Apabila jumlah koloni dalam setiap cawan petri lebih dari 300, hasilnya dinyatakan sebagai perkiraan jumlah bakteri. Jika jumlah koloni di semua cawan petri kurang dari 30, hasilnya dilaporkan sebagai estimasi kurang dari 30, dikalikan dengan pengenceran terendah. Sementara itu, koloni perambat terbagi menjadi tiga jenis, yaitu koloni berbentuk rantai yang tidak terpisah, koloni yang menyebar di dasar cawan petri dan media, serta koloni yang meluas di pinggir atau permukaan media. Jika hanya ada satu koloni perambat berbentuk rantai, maka dihitung sebagai satu koloni. Namun, jika terdapat beberapa rantai yang berasal dari sumber berbeda, setiap sumber dihitung sebagai satu koloni. (Setyawati, 2020)

2.5 Tinjauan Angka Kapang Khamir

2.5.1 Pengertian Angka Kapang Khamir

Mikroorganisme seperti kapang dan khamir dikenal memiliki manfaat karena kemampuannya memecah senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Selain itu, fungi berperan dalam sintesis berbagai enzim, vitamin, hormon pertumbuhan, asam-asam organik, hingga antibiotik. Namun, di sisi lain, fungi juga bisa menjadi kontaminan yang dapat memengaruhi mutu makanan atau bahan pangan. (Aissa Febrya et al., 2024)

Kapang merupakan jamur berstruktur filamen yang membentuk koloni menyerupai kapas, sedangkan khamir adalah mikroorganisme yang banyak dimanfaatkan dalam fermentasi makanan. Faktor seperti kualitas air dan suhu lingkungan memengaruhi pertumbuhan kapang dan khamir. Meskipun beberapa spesies mampu tumbuh dalam suhu dingin, prosesnya berjalan lebih lambat. Kapang dan khamir biasanya tumbuh optimal pada pH antara 1 hingga 8,5, dengan khamir lebih menyukai lingkungan asam sekitar pH 4-4,5. Suhu ideal bagi pertumbuhan keduanya berada pada rentang 25-30°C, dengan suhu maksimum berkisar antara 35-47°C. Namun, ada jenis kapang dan khamir tertentu yang dapat bertahan pada suhu pemanasan hingga 60°C. (Damasus & Cahyanti, 2024)

Kapang dan khamir adalah mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok fungi dan memiliki ciri serta fungsi yang berbeda. Kapang, yang dikenal sebagai fungi berfilamen, memiliki struktur berbentuk hifa dan diklasifikasikan dalam *filum glomeromycota*, *ascomycota*, serta *basidiomycota*. Hingga tahun 1994, telah ditemukan sekitar 70.000 spesies fungi, dengan penemuan sekitar 600 spesies baru setiap tahunnya, di mana sekitar 10.000 di antaranya digolongkan sebagai kapang. Mikroorganisme ini umumnya ditemukan di wilayah tropis dengan iklim hangat dan lembap, serta tumbuh subur pada substrat yang kaya akan karbon organik. Kapang bereproduksi dengan membentuk spora secara seksual dan aseksual, di mana spora aseksual cenderung terbentuk lebih cepat dan dalam jumlah yang lebih banyak. Dengan ukuran yang kecil dan bobot ringan (1-10 μm), spora aseksual mudah tersebar melalui udara, tetapi menghirupnya dalam jumlah besar berisiko menimbulkan gangguan kesehatan. (Damasus & Cahyanti, 2024)

Khamir berbeda dari kapang karena merupakan fungi bersel tunggal yang tidak memiliki struktur filamen. Mikroorganisme ini berkembang biak secara vegetatif, terutama melalui proses pertunasan, dengan laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan kapang. Khamir mudah dikenali dari ukurannya yang lebih besar serta bentuk sel yang bervariasi, seperti bulat, oval, atau elips. Dinding sel khamir lebih kuat dibandingkan protozoa, dan tidak melakukan fotosintesis sebagaimana alga. Lingkungan asam dengan pH sekitar 4–4,5 dan suhu optimal antara 25–30°C mendukung pertumbuhan khamir, meskipun beberapa spesies mampu bertahan hingga suhu 47°C. Kemampuan khamir dalam memecah senyawa kimia sangat efisien, sehingga kerap mengakibatkan kerusakan pada produk yang bersifat asam. Seiring bertambahnya usia sel, bentuk khamir dapat berubah dan mengalami penebalan. (Damasus & Cahyanti, 2024)

2.5.2 Metode Perhitungan Angka Kapang dan Khamir (AKK)

Setelah proses inkubasi selesai, koloni mikroba yang tumbuh dihitung. Penghitungan ini berlaku untuk dua metode, yaitu angka lempeng total (ALT) dan penyaringan membran. Koloni dapat dihitung secara valid jika jumlahnya berada dalam kisaran 15 hingga 150 koloni baik pada cawan Petri maupun pada membran. Jika jumlah koloni yang tumbuh kurang dari 15, maka hasil dihitung dan dilaporkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Secara umum, dalam melaporkan hasil, variasi dalam angka lempeng harus diperhatikan. Dua hasil hanya dianggap berbeda secara signifikan jika selisihnya lebih dari 50%, atau jika dinyatakan dalam logaritma, selisihnya lebih dari 0,3. Untuk memastikan keakuratan, hanya hasil dari cawan atau membran yang memiliki jumlah koloni lebih dari 15 dan kurang dari 150 yang dapat digunakan. Penghitungan juga harus berasal dari pengenceran yang tervalidasi dan sesuai dengan metode yang digunakan.

1. Jika jumlah koloni (cfu) yang ditemukan lebih dari 15 dan kurang dari 150, maka hasil dinyatakan sebagai berikut:
 - a. Bila berat atau volume sampel (S) ≥ 1 gram atau 1 mL dan volume inokulum (V) juga minimal 1 mL, maka jumlah khamir dan kapang dinyatakan dalam satuan cfu per gram atau per mL menggunakan rumus N/S , di mana N adalah jumlah koloni yang terhitung.
 - b. Bila $S < 1$ gram atau 1 mL dan/atau $V < 1$ mL, maka jumlah khamir dan kapang hanya dinyatakan sebagai total jumlah mikroba dalam contoh tersebut, yaitu = N .
 - c. Hasil akhir dinyatakan dalam bentuk angka antara 1,0 sampai 9,9 dikalikan dengan 10 berpangkat tertentu, tergantung tingkat pengenceran yang digunakan (lihat contoh dalam dokumen aslinya).
2. Jika jumlah koloni yang diamati kurang dari 15, maka hasil dianggap sebagai perkiraan, bukan jumlah pasti. Cara pelaporannya sama dengan kondisi di atas, yaitu:
 - a. Jika $S \geq 1$ gram/mL dan $V \geq 1$ mL, maka hasil dilaporkan sebagai perkiraan cfu per gram atau mL menggunakan rumus N/S .
 - b. Jika $S < 1$ gram/mL atau $V < 1$ mL, maka hasilnya dilaporkan sebagai jumlah mikroba total dalam contoh tersebut (= N).
3. Jika tidak ada koloni yang diamati setelah inkubasi, maka hasilnya tetap perlu dilaporkan dengan cara tertentu.
 - a. Jika berat atau volume sampel (S) minimal 1 gram atau 1 mL, maka hasil dilaporkan sebagai “Kurang dari atau sama dengan $(1/d) \times V \times S$ cfu khamir dan kapang per gram atau mL produk”, di mana d

adalah faktor pengenceran, V adalah volume yang diinokulasikan, dan S adalah jumlah sampel yang diuji.

4. Namun, jika S kurang dari 1 gram atau 1 mL, maka hasil dilaporkan sebagai: “Kurang dari atau sama dengan $1 / (d \times V)$ cfu khamir dan kapang dalam contoh tersebut.”
 - a. Dalam hal ini, jumlah contoh yang digunakan harus dicatat dan dimasukkan dalam perhitungan S dan V. Nilai d tetap merupakan faktor pengenceran, sedangkan V bernilai 1 mL jika menggunakan metode tuang atau penyaringan membran, dan 0,1 mL jika menggunakan metode sebar permukaan.

2.6 Tinjauan Perhitungan dan Pelaporan Angka Lempeng Total (ALT)

1. Cawan dengan koloni menyebar (*spreader colonies*)

Koloni menyebar biasanya terdiri dari tiga jenis utama:

- a) Rangkaian koloni yang saling berdekatan, biasanya terjadi akibat pecahnya gumpalan bakteri.
- b) Koloni yang tumbuh di dalam lapisan air antara agar dan dasar cawan petri.
- c) Koloni yang tumbuh di permukaan agar atau di pinggiran cawan dalam lapisan air.

Jika koloni penyebar ini terlalu banyak sehingga:

- a) Area yang tertutup koloni penyebar, termasuk area pertumbuhan mikroba lain yang terhambat, melebihi 50% dari luas cawan; atau
- b) Area pertumbuhan mikroba yang terhambat akibat penyebaran melebihi 25% dari luas cawan,

maka cawan tersebut harus dilaporkan sebagai mengandung koloni penyebar (*spreader plate*). Namun, jika koloni penyebar tidak melebihi ambang batas di atas dan tetap perlu dihitung, maka:

- a) Jenis penyebar pertama: jika hanya ada satu rantai, dihitung sebagai satu koloni. Jika terdapat beberapa rantai yang berasal dari sumber berbeda, masing-masing dihitung satu koloni. Jangan menghitung setiap titik dalam rantai sebagai koloni terpisah.

- b) Jenis ke-2 dan ke-3: biasanya tetap menghasilkan koloni yang dapat dihitung secara terpisah.

Jumlahkan koloni penyebar dan koloni biasa untuk menghitung Angka Lempeng Total (ALT/APC). (Guodong Zhang et al., 2025)

2. Cawan tanpa koloni (0 CFU)

Jika semua cawan dari berbagai pengenceran tidak menunjukkan koloni sama sekali, maka laporkan hasil ALT sebagai kurang dari 1 dikali pengenceran terendah yang digunakan. Tambahkan tanda bintang (*) pada hasil tersebut untuk menunjukkan bahwa nilai tersebut merupakan estimasi karena jumlah koloni berada di luar rentang 15–300 koloni per cawan.

Jika suatu cawan diketahui terkontaminasi atau mengalami masalah lain saat proses analisis, maka catat hasil tersebut sebagai kecelakaan laboratorium (laboratory accident). (Guodong Zhang et al., 2025)

3. Pembulatan hasil ALT

Hasil ALT hanya boleh dilaporkan dalam dua angka signifikan pertama. Pembulatan dilakukan saat konversi akhir ke nilai ALT. Aturan pembulatan mengikuti ketentuan sebagai berikut: jika angka ketiga adalah 6, 7, 8, atau 9, maka angka kedua dibulatkan naik; jika angka ketiga adalah 1, 2, 3, atau 4, maka angka kedua tetap atau dibulatkan turun; sedangkan jika angka ketiga adalah 5, maka pembulatan bergantung pada angka kedua, yaitu dibulatkan naik jika angka kedua ganjil, dan dibulatkan turun jika angka kedua genap. Setelah dibulatkan, digit setelah angka kedua diubah menjadi nol. Apabila jumlah koloni berada di luar kisaran ideal (15–300 koloni per cawan), maka hasil ALT tetap dapat dilaporkan namun dinyatakan sebagai hasil estimasi. (Guodong Zhang et al., 2025)

2.7 Tinjauan *Candida albicans*



Gambar 7 *Candida albicans*: Filamen silinder dari blastopora, analislaboratoriummedik.com

Kingdom : Fungi
Phylum : Ascomycota
Subphylum : Saccharomycotina
Class : Saccharomycetes
Ordo : Saccharomycetales
Family : Saccharomycetaceae
Genus : Candida
Spesies : Candida albicans
(Fadila Khusunul, 2025)

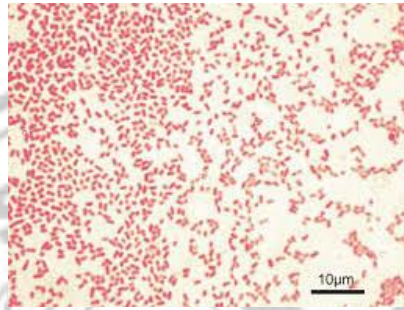
Candida albicans merupakan jamur oportunistik yang secara alami hidup sebagai komensal dalam tubuh manusia, terutama pada kulit, rongga mulut, saluran cerna, dan area genital. Meskipun biasanya tidak berbahaya, jamur ini dapat berubah menjadi patogen dan menyebabkan infeksi jika sistem kekebalan tubuh terganggu. *C. albicans* adalah penyebab utama infeksi kandidiasis di seluruh dunia dan dikategorikan oleh WHO sebagai “patogen prioritas kritis” karena prevalensi tinggi dan peningkatan resistansi terhadap obat antijamur. (Katsipoulaki et al., 2024)

Secara biologis, *C. albicans* memiliki kemampuan morfologis yang sangat fleksibel (polimorfik), artinya jamur ini dapat berubah bentuk dari sel ragi menjadi bentuk hifa dan pseudohifa. Kemampuan ini penting untuk kolonisasi jaringan dan penetrasi ke sel inang. Selain itu, *C. albicans* mampu membentuk biofilm—lapisan sel jamur yang terlindungi dalam matriks yang sulit ditembus obat dan sistem imun. Jamur ini juga memproduksi enzim hidrolase serta toksin seperti candidalysin yang berfungsi untuk merusak jaringan inang dan meningkatkan potensi infeksi. *Candida albicans* dapat menyebabkan infeksi ringan seperti sariawan dan infeksi jamur pada kulit hingga infeksi sistemik yang berat seperti candidemia, yang dapat menyebar melalui aliran darah ke organ vital dan memiliki tingkat kematian yang tinggi. (Katsipoulaki et al., 2024)

C. albicans menjadi tantangan serius dalam pengobatan karena kemampuannya mengembangkan resistansi terhadap berbagai obat antijamur. Resistansi ini dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, termasuk mutasi gen target (misalnya ERG11), peningkatan aktivitas pompa efluks yang membuang obat dari

dalam sel jamur, serta perubahan jumlah salinan gen (*aneuploidy*). Selain itu, jamur ini dapat menebalkan dinding selnya dengan meningkatkan produksi kitin sebagai respons terhadap obat echinocandin. Hal ini membuat infeksi yang disebabkan oleh *C. albicans* sulit diobati, terutama pada pasien immunokompromis. (Katsipoulaki et al., 2024)

2.8 Tinjauan *Pseudomonas Aeruginosa*



Gambar 8 *Pseudomonas aeruginosa*: Gram negatif, berwarna merah muda gelap. pubmed

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Schizomycetes
Ordo	: Pseudomonadales
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: Pseudomonas
Species	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

(Amalia Wahyu Hilma, 2025)

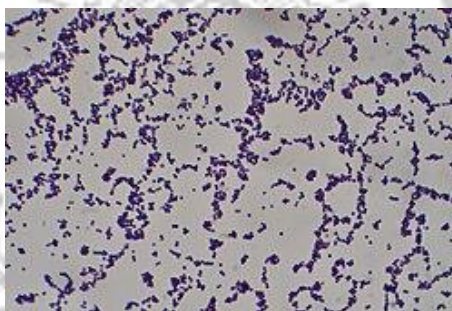
Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri Gram-negatif yang bersifat oportunistik, artinya bisa menyebabkan infeksi serius pada orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Bakteri ini termasuk dalam kelompok patogen prioritas kritis menurut WHO karena kemampuannya yang sangat resistan terhadap berbagai antibiotik. *P. aeruginosa* merupakan salah satu penyebab utama infeksi di rumah sakit (infeksi nosokomial), seperti pneumonia yang berhubungan dengan ventilator, infeksi saluran kemih, infeksi luka, serta infeksi aliran darah (bakteremia). (Sathe et al., 2023)

Bakteri ini memiliki banyak faktor virulensi, atau kemampuan untuk menyebabkan penyakit. Salah satunya adalah kemampuannya membentuk biofilm, yaitu lapisan pelindung yang terdiri dari koloni bakteri dan zat lengket yang mereka

hasilkan. Biofilm ini sangat kuat dan membuat bakteri sulit disingkirkan, baik oleh sistem imun maupun oleh antibiotik. Selain itu, *P. aeruginosa* juga menghasilkan berbagai zat beracun, seperti elastase, eksotoksin A, dan piosianin, yang merusak jaringan inang dan memicu peradangan. Ia juga memiliki alat gerak seperti flagela dan pili yang membantu dalam menempel ke jaringan tubuh dan bergerak ke area baru. (Sathe et al., 2023)

Salah satu tantangan terbesar dari bakteri ini adalah resistansi terhadap antibiotik. *P. aeruginosa* secara alami memiliki dinding sel yang sulit ditembus, dan memiliki banyak mekanisme untuk menolak obat, seperti memproduksi enzim pemecah antibiotik (misalnya β -laktamase dan metallo- β -laktamase), mengurangi masuknya obat ke dalam sel, memompa keluar antibiotik dari dalam sel (pompa efluks), hingga mengubah target yang diserang oleh antibiotik. Beberapa strain dari bakteri ini sudah tergolong sebagai *multidrug-resistant* (MDR), *extensively drug-resistant* (XDR), atau bahkan *pan-drug-resistant* (PDR), yaitu tidak bisa lagi diobati dengan hampir semua antibiotik yang tersedia saat ini. (Sathe et al., 2023)

2.9 Tinjauan *Staphylococcus Aureus*



Gambar 9 *Staphylococcus aureus*: Gram positif (berwarna ungu), dalam kelompok-kelompok. Wikipedia

Domain: Bacteria
 Phylum : Firmicutes
 Class : Bacilli
 Order : Lactobacillales
 Family : Staphylococcaceae
 Genus : Staphylococcus
 Spesies : *Staphylococcus aureus*
 (Marbun Windos, 2024)

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram-positif berbentuk bulat (kokus) yang hidup secara alami di kulit dan hidung manusia sebagai flora normal. Namun, dalam kondisi tertentu, bakteri ini bisa berubah menjadi patogen yang menyebabkan berbagai infeksi, mulai dari yang ringan seperti bisul dan infeksi kulit, hingga infeksi serius seperti pneumonia, sepsis (infeksi darah), osteomielitis (infeksi tulang), endokarditis (infeksi katup jantung), dan infeksi luka pascaoperasi. (Peng et al., 2023)

S. aureus dikenal memiliki banyak faktor virulensi yang memungkinkannya bertahan dan menyebar di dalam tubuh. Faktor-faktor ini termasuk enzim dan toksin seperti koagulase, hemolisin, dan leukosidin, yang membantu bakteri menghindari sistem kekebalan tubuh dan merusak jaringan inang. Selain itu, *S. aureus* juga dapat membentuk biofilm, yaitu lapisan lengket yang menempel di permukaan seperti kateter, implan, dan jaringan tubuh, sehingga menyulitkan proses pembersihan oleh imun dan pengobatan antibiotik. (Peng et al., 2023)

Masalah besar dalam pengendalian *S. aureus* adalah resistansi terhadap antibiotik. Salah satu bentuk yang paling terkenal adalah MRSA (*methicillin-resistant staphylococcus aureus*), yaitu strain *S. aureus* yang resisten terhadap hampir semua antibiotik golongan β -laktam, termasuk metisilin, penisilin, dan sefalosporin. MRSA telah menjadi ancaman besar di rumah sakit maupun di komunitas karena infeksinya sering kali lebih sulit diobati dan dapat menyebar dengan cepat. (Peng et al., 2023)

Beberapa mekanisme resistansi yang dimiliki *S. aureus* termasuk produksi enzim β -laktamase, modifikasi protein target antibiotik (seperti PBP2a yang menyebabkan resistansi terhadap metisilin), serta efisiensi dalam mengekspresikan pompa efluks dan biofilm. Karena itu, pilihan pengobatan MRSA biasanya terbatas pada antibiotik seperti vancomycin, linezolid, atau daptomycin, dan penggunaan antibiotik ini pun harus hati-hati untuk mencegah resistansi lanjutan. (Peng et al., 2023)

2.10 Tinjauan Media

Media adalah bahan yang digunakan untuk menyediakan nutrisi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan konsistensinya, media dibedakan menjadi dua jenis, yaitu media cair (liquid media) dan media padat (solid

media). Media cair yang berasal dari ekstrak kompleks bahan biologis disebut sebagai rich media atau broth. Sebaliknya, media padat memerlukan bahan pengeras seperti agar. Agar akan mencair saat dipanaskan hingga mendidih dan mulai mengeras kembali ketika suhu turun ke kisaran 40-42°C. Setelah proses pengerasan terjadi, agar tidak akan kembali mencair kecuali dipanaskan pada suhu 80-90°C. Keunggulan utama agar adalah ketahanannya terhadap degradasi mikroorganisme, sehingga menjadikannya bahan pengeras yang ideal. (Setyawati, 2020)

Agar mendukung pertumbuhan mikroorganisme, media perlu memenuhi sejumlah kriteria, seperti kandungan nutrisi yang memadai, tekanan osmosis, pH, suhu, dan sterilitas yang sesuai dengan kebutuhan mikroba. Nutrisi utama yang harus ada dalam media meliputi air, sumber karbon, mineral, vitamin, dan gas. Tekanan osmosis sebaiknya bersifat isotonik guna menjaga keseimbangan sel mikroorganisme. Selain itu, pH media biasanya netral, dan suhunya harus disesuaikan dengan kondisi optimal bagi pertumbuhan mikroba tertentu. Penting pula memastikan media dalam keadaan steril agar terhindar dari kontaminasi. (Setyawati, 2020)

1. Jenis- Jenis Media Pertumbuhan Bakteri

a. Berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi 3, yaitu :

1) Media Cair

Media cair adalah media yang tidak mengandung bahan pematat seperti agar, sehingga tetap dalam bentuk cair pada suhu kamar. Media ini biasanya digunakan untuk memperbanyak pertumbuhan bakteri, mengamati kemampuan fermentasi, dan melakukan berbagai jenis pengujian. Contoh media cair untuk memperbanyak bakteri adalah *nutrient broth (NB)*, sedangkan media cair yang digunakan untuk menguji kemampuan fermentasi bakteri mengandung berbagai jenis gula seperti glukosa, laktosa, maltosa, manitol, dan sukrosa. (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

2) Media Semi padat

Media semi padat dibuat dengan menambahkan agar dalam jumlah yang lebih sedikit dari media padat, sehingga konsistensinya lebih

lembek. Media ini umumnya digunakan untuk menguji motilitas (kemampuan bergerak) sel bakteri, mengamati pemecahan triptofan, serta mendeteksi produksi senyawa sulfur. Contohnya adalah media *sulfur indole motility* (SIM). (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

3) Media Padat

Media padat merupakan media yang ditambahkan agar sebagai pematat, sehingga memiliki bentuk padat. Media ini dapat dituangkan dalam cawan petri berbentuk lempeng atau dibuat dalam bentuk agar miring dalam tabung. Biasanya digunakan untuk menghitung jumlah koloni bakteri seperti pada *nutrient agar plate* (NAP) dan *plate count agar* (PCA), serta untuk membedakan koloni berdasarkan morfologi seperti pada *eosin methylen blue agar* (EMB) dan *manitol salt agar* (MSA). Media padat juga berguna untuk mengisolasi mikroorganisme guna memperoleh kultur murni, misalnya *thiosulfate citrate bile salts agar* (TCBS). Untuk pengujian biokimia, digunakan media seperti *simmon citrate* untuk menguji pemanfaatan sitrat sebagai sumber karbon, Urea untuk mengamati penguraian urea menjadi amonia, dan *triple sugar iron agar* (TSIA) untuk melihat kemampuan fermentasi dan produksi sulfur. (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

b. Media Berdasarkan Fungsinya

Media pertumbuhan mikroorganisme dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya menjadi dua jenis utama:

1) Media Diperkaya

Merupakan media yang ditambahkan zat bergizi tinggi seperti darah untuk mendukung pertumbuhan bakteri dengan kebutuhan khusus. Media ini biasanya digunakan untuk menumbuhkan bakteri yang memiliki kemampuan menghemolisis sel darah, seperti bakteri dari genus *streptococcus*. Salah satu contohnya adalah *blood agar plate* (BAP). (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

2) Media Diferensial

Jenis media ini tidak hanya mengandung nutrisi dasar, tetapi juga dilengkapi dengan senyawa khusus yang memungkinkan identifikasi

karakteristik tertentu dari bakteri. Misalnya, *eosin methylen blue agar* (EMB) mengandung laktosa, eosin, dan *methylen blue* untuk mendeteksi fermentasi laktosa oleh bakteri seperti *E. coli*. *manitol salt agar* (MSA) memiliki kadar garam yang tinggi serta indikator fermentasi manitol untuk mengidentifikasi *staphylococcus sp.* Sementara itu, *macconkey agar* digunakan untuk menumbuhkan bakteri Gram negatif karena mengandung garam empedu (bile salts) dan *crystal violet* yang menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif. (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

3) Media Selektif

Media selektif adalah jenis media yang dirancang untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan, sehingga hanya bakteri tertentu yang dapat tumbuh. Salah satu contohnya adalah *thiosulfate citrate bile salts agar* (TCBS), yang mengandung berbagai zat seperti garam empedu, selenit, tetrasionat, tellurit, azida, feniletanol, sodium lauril sulfat, dan natrium klorida. Komponen-komponen ini digunakan untuk secara selektif mengisolasi bakteri *vibrio cholerae* dari sampel campuran. (Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

2. Faktor pertumbuhan bakteri dan jamur

Pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Faktor-faktor ini berperan penting dalam menentukan kecepatan dan keberhasilan proses reproduksi serta aktivitas metabolisme mikroba. Adapun faktor-faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan bakteri dan jamur antara lain:

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap aktivitas enzimatik dan metabolisme mikroorganisme. Berdasarkan suhu optimum pertumbuhannya, mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi:

- 1) Psikrofilik: mikroorganisme yang tumbuh optimal pada suhu rendah (0–20 °C).

2) Mesofilik: tumbuh optimal pada suhu sedang (20–45 °C), termasuk sebagian besar mikroorganisme patogen.

3) Termofilik: tumbuh pada suhu tinggi (45–80 °C).

(Anggraeni Pratiwi Diah, 2021)

b. Derajat Keasaman (pH)

pH memengaruhi aktivitas enzim dan kestabilan struktur protein dalam sel mikroba.

1) Bakteri umumnya tumbuh optimal pada pH netral (sekitar pH 7).

2) Jamur dan khamir cenderung tumbuh baik pada pH yang lebih asam (pH 4–6).

(Aminah Rizqi Putri, 2023)

c. Kebutuhan Oksigen

Mikroorganisme memiliki kebutuhan oksigen yang berbeda-beda untuk proses respirasi atau fermentasi:

1) Aerob obligat: memerlukan oksigen untuk tumbuh.

2) Anaerob obligat: tidak dapat hidup dalam lingkungan yang mengandung oksigen.

3) Fakultatif anaerob: dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen.

4) Mikroaerofilik: membutuhkan oksigen dalam jumlah terbatas.

5) Aerotoleran anaerob: tidak memerlukan oksigen, namun mampu bertahan hidup di lingkungan aerob.

(Aminah Rizqi Putri, 2023)

d. Ketersediaan Nutrien

Mikroorganisme memerlukan sumber karbon, nitrogen, sulfur, fosfat, dan mineral lain sebagai komponen dasar untuk sintesis biomolekul dan energi. Ketersediaan nutrien yang cukup dan seimbang mendukung pertumbuhan optimal. (Ribeiro et al., 2025)

e. Tekanan Osmotik dan Salinitas

Perbedaan konsentrasi zat terlarut antara lingkungan dan dalam sel mikroba dapat memengaruhi tekanan osmotik. Kondisi hipertonik (kadar garam tinggi) dapat menyebabkan dehidrasi sel, sementara kondisi hipotonik dapat menyebabkan lisis sel. (Ribeiro et al., 2025)