

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Mikroorganisme

Mikroorganisme merupakan bakteri dengan dengan ukuran mikroskopis yakni hanya dapat diamati menggunakan mikroskop dan karenanya tergolong sebagai organisme mikroskopik. Organisme ini tersebar luas di berbagai habitat, termasuk air, udara, tanah, serta permukaan benda mati, bahkan mampu bertahan pada kondisi lingkungan ekstrem. Secara umum, mikroorganisme memiliki peran ganda bagi manusia, baik menguntungkan maupun merugikan. Beberapa spesies yang bersifat patogen di antaranya *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Bacillus subtilis* (Maida et al., 2019). Mikroorganisme bisa dijumpai pada sejumlah tempat, termasuk di tanah, air, angin, panganan, saluran tubuh manusia, serta kondisi sekitar. Terlebih mikroba, mudah dijumpai secara alami pada bahan pangan dan berperan penting dalam proses pengolahan makanan, misalnya melalui fermentasi (Simanjuntak et al., 2024).

Fermentasi makanan merupakan proses konversi bahan baku menjadi produk fermentasi oleh aktivitas metabolik mikroorganisme yang terkontrol. Dalam proses ini, mikroorganisme menggunakan komponen substrat untuk menghasilkan energi, membentuk biomassa, serta menghasilkan berbagai metabolit, termasuk yang dihasilkan oleh BAL merupakan mikroorganisme utama dalam fermentasi pangan. BAL secara alami dapat ditemukan pada berbagai produk fermentasi tradisional Indonesia, seperti buah-buahan, sayuran, susu, ketela pohon, beras ketan, tempe, moromi, serta produk fermentasi ikan (Simanjuntak et al., 2024).

B. Naniura

Naniura adalah salah satu kuliner tradisional khas etnis yang disebut “Halak Hita” (Batak Toba). Naniura merupakan panganna dari suku Batak yang memiliki karakteristik yang terbilang unik dibandingkan panganan tradisional lain. Perbedaan paling mencolok dari Naniura yakni apabila makanan pada umumnya melalui tahap pemasakan meliputi rebus, kukus, goreng, maupun dibakar, namun berbeda dengan Naniura yang tidak melalui tahap pemasakan. Naniura dibuat dengan cara memasukkan ikan mas dalam perasaan jeruk jungga (asam) serta didiamkan selama beberapa jam (Aloysius et al., 2019).



Gambar 1 Makanan khas Batak Toba naniura
(Ulfa, Aloysius, et al., 2019)

Proses pengasaman ini berfungsi menurunkan pH ($<4,5$) sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan memperpanjang daya simpan produk. Bakteri asam laktat (BAL) yang umum terdeteksi pada ikan air tawar, seperti *Lactobacillus* dan *Streptococcus*, berperan penting dalam proses ini. Genus *Lactobacillus* diketahui memiliki efek probiotik dan pengaruh antimikroba yang dapat memperlambat perkembangan bakteri patogen. BAL juga ditemukan di sejumlah produk penguraian panganan tradisional di Asia dan berpotensi sebagai sumber probiotik alami. Namun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi kemungkinan adanya ketahanan antibiotik pada BAL yang diisolasi pada Naniura, mengingat patogen yang dapat berdampak kepada keamanan makanan sekaligus kesehatan Masyarakat (Ulfa, Kasih, et al., 2019).

C. Bakteri Patogen

Banyaknya penyakit infeksi pada manusia diakibatkan oleh mikroba patogen, yang salah satu sumbernya berasal dari konsumsi pangan yang terkontaminasi, dimana bakteri patogen dapat masuk pada jaringan pencernaan melalui santapan yang telah terkontaminasi serta berkembang biak pada keadaan terbatas sehingga menimbulkan penyakit (sofia, 2019). Karakteristik mikroba patogen ialah mempunyai kemudahan ditularkan, beradhesi pada inangnya serta menginvasi sel tersebut sekaligus jaringan, menghasilkan toksin, serta menghindari respons sistem imun inang (Bukhori, 2018). Bakteri patogen terbagi menjadi beberapa jenis dan dapat menimbulkan penyakit bagi manusia, di antaranya:

1. *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah anggota dari famili *Enterobacteriaceae* dengan morfologi kokobasil, bersifat Gram negatif memiliki ukuran mencapai $0,4\text{--}0,7\ \mu\text{m} \times 1,4\ \mu\text{m}$ (sofia, 2019). Sebagian strain bersifat motil, sebagian strain berkapsul, tidak berspora, dan bersifat anaerob fakultatif dan umumnya motil dengan bantuan flagela. Strain patogen mampu bertahan pada rentang suhu $7\text{--}44^\circ\text{C}$, dengan suhu optimum pertumbuhan $35\text{--}37^\circ\text{C}$ dan besaran pH $4,4\text{--}8,5$, serta memerlukan pengaruh air mineral sekitar 0,95 dan menunjukkan ketahanan pada kondisi asam. Meskipun demikian, bakteri ini bersifat termolabil dan dapat diinaktivasi melalui proses pasteurisasi maupun pemasakan (Sembiring et al., 2024).



Gambar 2 Bentuk mikroskopis *Escherichia coli* perbesaran 100 kali
(Wahyuningsih et al., 2023)

Berdasarkan hierarki taksonomi, pengelompokan *Escherichia coli* diantaranya:

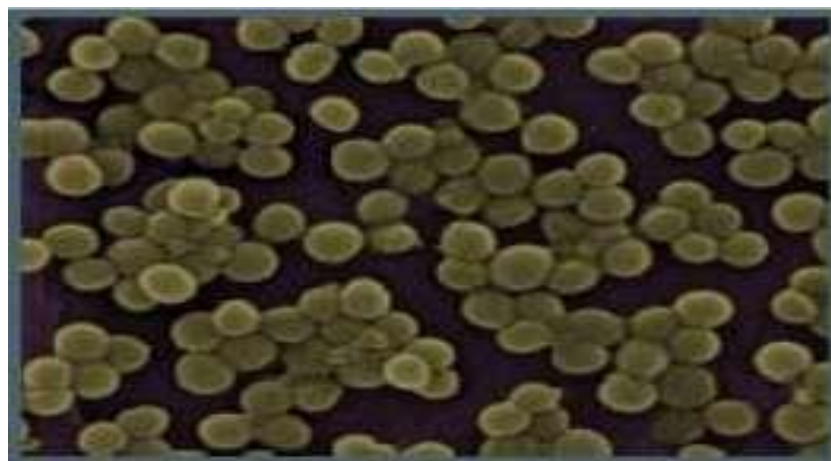
Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Familia	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i> (Wahyuningsih et al., 2023)

Genus *Escherichia* termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*, dengan *Escherichia coli* dan bakteri koliform lainnya yang umumnya

ditemukan pada limbah serta air yang terkontaminasi. Sehingga sering terjadi infeksi pada saat menelan makanan dan minuman yang telah terkontaminasi oleh air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Kebersihan personal berperan penting dalam pencegahan penyebaran infeksi yang berkaitan dengan *Escherichia coli*. Sejumlah kasus penyakit infeksi juga telah dilaporkan bakteri ini berhubungan langsung dengan Infeksi *Escherichia coli* meliputi septikemia, diare, gastroenteritis, dan meningitis neonatus. Sekitar 70% kasus infeksi berkaitan dengan bakteri Gram negatif dengan ukuran sekitar 0,4 μm penyakit infeksi saluran kemih (Wahyuningsih et al., 2023).

2. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan mikroba Gram positif berwujud kokus berukuran kurang lebih 1 μm , susunannya tidak beraturan menyerupai kumpulan anggur, bersifat non-motil serta tidak menjadi spora. Mikroba ini bersifat aerob hingga anaerob fakultatif, dengan suhu optimum pertumbuhan sekitar 37°C, sementara pembentukan pigmen optimal terjadi pada kisaran 20–35°C. *Staphylococcus aureus* mampu berkembang pada sejumlah media melalui aktivitas metabolik tinggi; pada media padat, koloni tampak bulat, halus, mengkilap, dan berwarna abu-abu hingga keemasan (Bukhori, 2018).



Gambar 3 bentuk mikroskopis *Staphylococcus aureus* perbesaran 100 kali (Bukhori, 2018)

Berdasarkan hierarki taksonomi, *Staphylococcus aureus* diklasifikasikan di bawah ini:

Kingdom : *Bacteria*
 Filum : *Firmicutes*
 Kelas : *Bacilli*
 Ordo : *Bacillales*
 Family : *Staphylococcaceae*
 Genus : *Staphylococcus*
 Spesies : *Staphylococcus aureus* (Bukhori, 2018)

Genus *Staphylococcus* memiliki kapsul tipis berupa polisakarida yang berperan dalam meningkatkan virulensi. Sebagian spesies adalah flora normal kulit, respirasi, dan pencernaan, serta ditemukan di lingkungan serta udara. *Staphylococcus aureus* bersifat oportunistik dan dapat menyebabkan berbagai peradangan, mulai dari ringan seperti bisul, jerawat, impetigo, serta peradangan luka, hingga peradangan berat seperti pneumonia, mastitis, flebitis, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomyelitis, dan endokarditis. Tidak hanya itu, mikroba ini juga menjadi penyebab inti peradangan nosokomial, keracunan santapan, serta sindrom syok toksik (Bukhori, 2018).

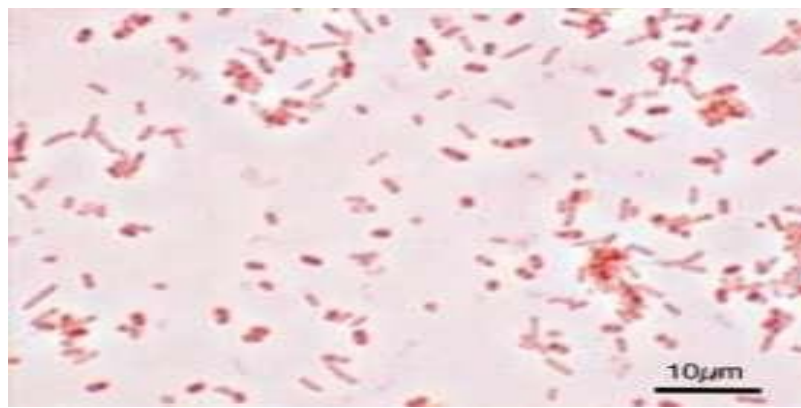
Mayoritas spesies dari genus *Staphylococcus*, terutama *Staphylococcus aureus*, tergolong patogenik karena kemampuannya membelah diri secara masif dan cepat. Kondisi ini mempermudah bakteri tersebut menginvasi jaringan tubuh secara meluas, ditambah lagi dengan kemampuannya memproduksi senyawa ekstraseluler berupa enzim dan toksin berbahaya. *Staphylococcus aureus* sendiri diketahui melepas berbagai substansi biologis, seperti katalase, koagulase, hemolisin, leukosidin, toksin eksfoliatif, *toxic shock syndrome toxin* (TSST), hingga enterotoksin (Bukhori, 2018).

3. *Salmonella typhimurium*

Secara alami, *Salmonella typhimurium* mendiami saluran pencernaan (khususnya usus halus) manusia dan hewan. Bakteri asporogen (tidak berspora) ini berbentuk batang memiliki ukuran $2\ \mu$ hingga $4\ \mu \times 0,6\ \mu$, dan

mayoritas memiliki flagela. Pada pewarnaan Gram, mikroorganisme ini menunjukkan sifat Gram-negatif dengan tampilan merah muda. Kondisi optimal pertumbuhannya berada besaran pH 6–8 serta temperatur 37°C, serta dapat diinaktivasi dengan pemanasan 60°C selama 15–20 menit (Imani, 2018).

Genus *Salmonella* terbagi ke dalam dua jenis, yakni *Salmonella bongori* dan *Salmonella enterica* (2600 serotipe). Tiga serotipe utama dari tipe *Salmonella enterica* ialah *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, dan *Salmonella enteritidis* (Imani, 2018).



Gambar 4 Pengamatan *Salmonella thypimurium* perbesaran 100 kali
(Razali et al., 2018)

Klasifikasi *Salmonella thypimurium* di bawah ini:

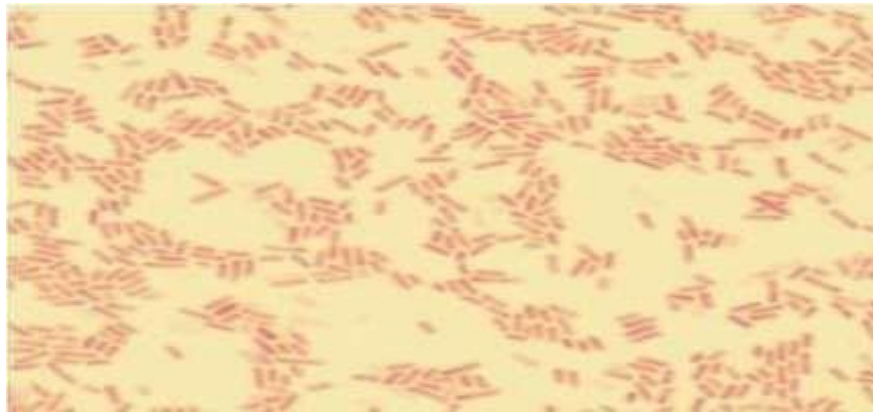
Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobakteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Family	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Salmonella</i>
Spesies	: <i>Salmonella enterica</i> (Razali et al., 2018).

Salmonella thypimurium menginfeksi pada manusia terjadi akibat ingesti pangan yang terintersepsi mikroba. Meski sebagian populasi bakteri terdegradasi oleh asam gaster, fraksi yang lolos sanggup mencapai usus halus untuk berproliferasi. Ketika proteksi imun lokal mukosa (IgA) mengalami defisit, bakteri menembusi dinding epitel dominan via sel M menuju lamina propria. Pada area tersebut, mikroba bereplikasi dan

diinternalisasi oleh makrofag, namun tetap sanggup bertahan hidup serta membelah diri secara intraseluler. Selanjutnya, bakteri ditranspor ke plak Peyer pada area ileum distal hingga mencapai nodus limfa mesenterium. Melalui duktus torasikus, makrofag yang memuat bakteri menembus sirkulasi vaskular dan memicu bakteremia primer yang umumnya nirgejala, sebelum akhirnya terdistribusi ke organ sistem retikuloendotelial, khususnya hepar dan lien. Di dalam organ sasaran ini, mikroba keluar dari sel fagosit untuk bereplikasi pada area ekstraseluler (sinusoid), lalu kembali menginvasi sirkulasi darah. Proses ini menimbulkan bakteremia sekunder yang bermanifestasi pada gejala sistemik seperti demam, malaise, mialgia, sefalalgia, serta nyeri abdomen (Gowa, 2025).

4. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan mikroba berwujud batang berGram negatif berukuran sekitar $0,6 \times 2 \mu\text{m}$ yang dapat bergerak aktif via satu flagel. Mikroba ini biasa ditemukan secara tunggal, berpasangan, atau membentuk rantai pendek, serta mampu bertahan hidup dalam kondisi anaerob. Pertumbuhannya berlangsung optimal pada suhu 37°C , meski tetap sanggup berkembang hingga suhu 42°C (Scania, 2023).



Gambar 5 Bentuk mikroskopis *Pseudomonas aeruginosa* 100 kali
(Mutia et al., 2024)

Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa* berdasarkan tingkat taksonnya, diantaranya:

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>

Ordo : *Pseudomonadales*
Family : *Pseudomonadaceae*
Genus : *Pseudomonas*
Spesies : *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan patogen oportunistik berada di dalam tubuh makhluk hidup sebagai bagian dari flora normal yang mengkolonisasi area seperti saluran pernapasan, kulit, dan sistem pencernaan, tetapi dapat menyebabkan infeksi dalam kondisi immunosupresi. Kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* untuk mengkolonisasi permukaan makhluk hidup maupun habitat alami disebabkan oleh aktivitas metabolismenya yang serbaguna. Bakteri ini termasuk ke dalam kelas *Gamma proteobacteria* yang tersebar luas dan diperoleh pada sejumlah tempat, misalnya tanah, dan habitat perairan sampai pada permukaan makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan, dan manusia (Scania, 2023).

5. *Klebsiella aerogenes*

Klebsiella aerogenes sebelumnya dikenal sebagai *Enterobacter aerogenes*, adalah bakteri berbentuk batang Gram negatif, oksidase negatif, katalase positif, sitrat positif, indol negatif. Mampu bergerak melalui flagela peritrik, panjangnya sekitar satu hingga tiga mikron.



Gambar 6 Mikroskopis *Klebsiella aerogenes* dengan perbesaran 100 kali
(Wesevich et al., 2020)

Klasifikasi *Klebsiella aerogenes* sebagai berikut :

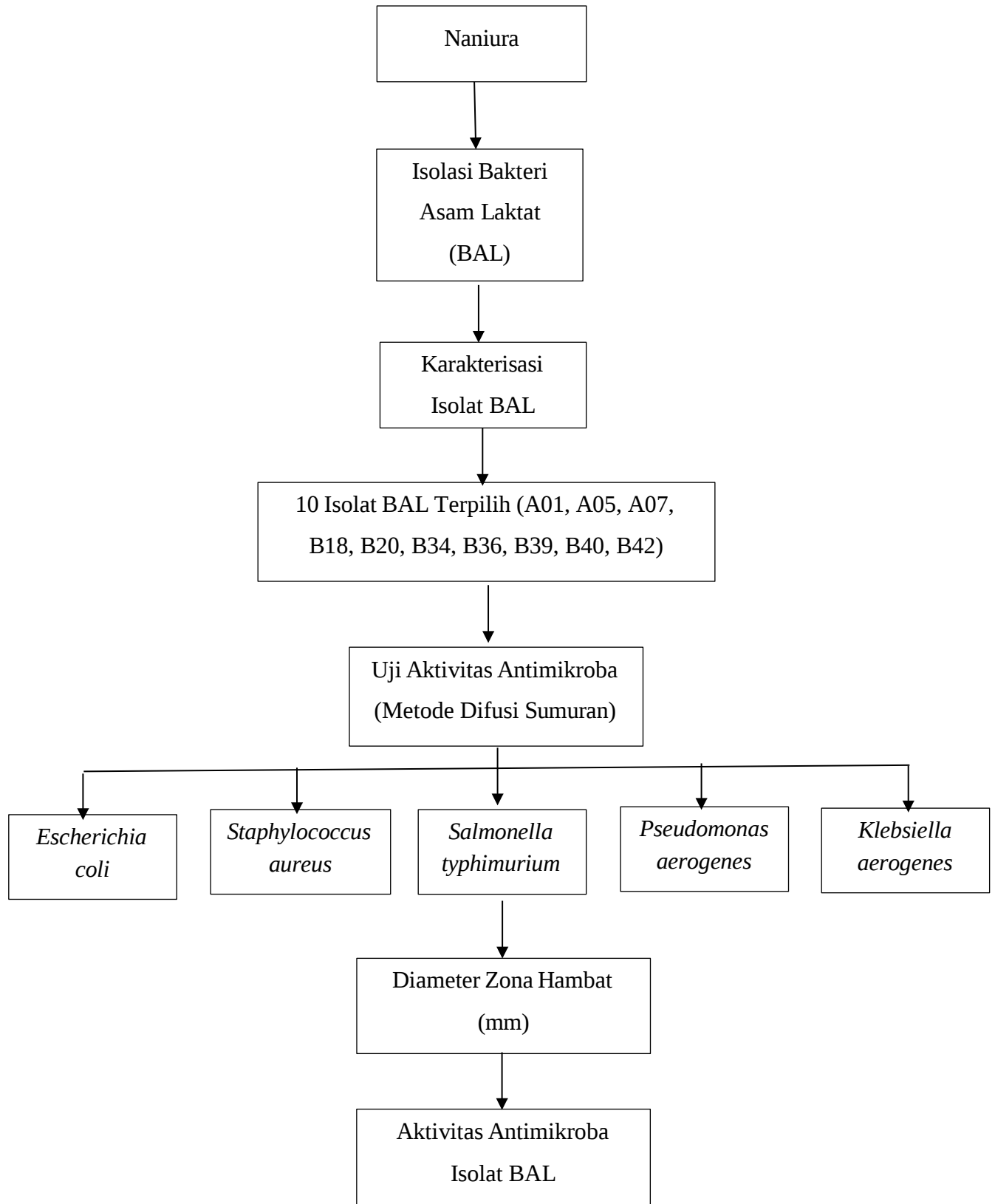
Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Pseudomonadota</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacterales</i>
Family	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Klebsiella</i>
Spesies	: <i>Klebsiella aerogenes</i>

Klebsiella aerogenes adalah mikroba Gram negatif berasal dari keluarga *Enterobacteriaceae* yang sering terlibat dalam infeksi nosokomial. Dalam penelitian ini, mikroorganisme ini dijumpai di lingkungan yang umum ditemukan di air, tanah, olahan susu, hingga traktus digestivus manusia dan hewan. Bakteri ini juga berhasil diisolasi dari sampel usap permukaan tempat tidur dan lantai (Rengkuan et al., 2016).

D. Metode Uji Aktivitas Antimikroba

Evaluasi aktivitas antimikroba umumnya menggunakan metode difusi, yang terbagi atas teknik cakram kertas, sumuran, dan silinder. Pada teknik silinder, wadah kecil berbahan kaca atau baja tahan karat dipasang tegak lurus di permukaan agar bertanamkan bakteri, kemudian diisi zat uji dan diinkubasi. Potensi antimikroba ditentukan dari munculnya zona bening (zona hambat) di sekeliling silinder tersebut (Putri et al., 2023).

Metode difusi sumuran atau *well diffusion* serta difusi cakram merupakan teknik yang lazim digunakan pada uji kepekaan antimikroba untuk menilai efektivitas agen terhadap mikroorganisme. Keduanya didasarkan pada prinsip yang sama, yaitu mengukur kemampuan agen dalam menghambat pertumbuhan mikroba, dengan perbedaan pada prosedur pelaksanaannya. Pada penelitian ini, Pengujian dilakukan menggunakan strategi difusi sumuran (*well diffusion*), yaitu dengan membuat celah atau kubangan di media agar yang sebelumnya sudah diinokulasi mikroba uji (Putri et al., 2023).

E. Kerangka Konsep**Gambar 7** Kerangka konsep