BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produk Perikanan

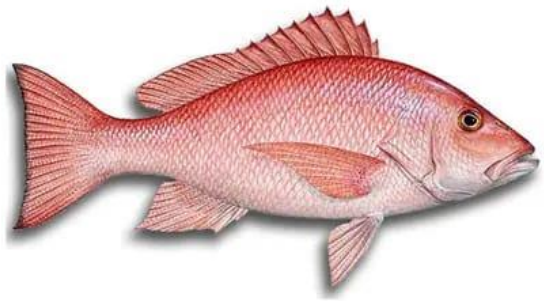
Produk perikanan adalah hasil olahan atau penanganan ikan berupa ikan hidup, ikan segar, ikan beku atau berbagai bentuk produk olahan lainnya (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Produk perikanan mencakup organisme yang hidup di air seperti ikan (air tawar), ikan (air laut), kerang, moluska, dan udang serta tumbuhan air seperti rumput laut dan alga (Damongilala, 2021).

Berdasarkan habitat tempat hidupnya, dikenal jenis ikan air tawar dan ikan air laut. Ikan air tawar adalah ikan yang hidup di kolam, danau, sungai, dan tambak. Contoh ikan air tawar adalah ikan mas, mujair, patin, gabus, lele, nila, tawes, gurame, dan lain-lain. Contoh ikan laut adalah ikan kakap, kembung, bawal, tenggiri, tuna, salmon, herring, cod, haddock, dan lain-lain.

2.2 Batasan Cemaran Bakteri Pada Produk Perikanan

Bakteri *Escherichia coli* sering ditemukan sebagai cemaran produk perikanan dimana bakteri ini tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, dan tanah. Berdasarkan Peraturan BPOM No. 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan, batas mikroba *Escherichia coli* yang diperbolehkan pada produk perikanan adalah 1 APM/gram, dengan batas maksimum yang diperkenankan sebesar 10 APM/gram. Sementara itu, dalam SNI 2696:2013 tentang Fillet Ikan Beku, batas cemaran *Escherichia coli* pada fillet ikan beku diatur lebih ketat, yaitu < 3/gram (Badan Standarasisasi Nasional, 2013).

2.3 Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp*)



Gambar 2. 1 Ikan Kakap Merah (Lutjanus sp)

Sumber : (Fimela, 2018)

Ikan kakap merah (*Lutjanus sp*) merupakan salah satu sumberdaya hayati laut yang banyak diminati oleh masyarakat luar dan dalam negeri. Dikenal dengan warna kulitnya yang merah muda hingga kemerahan, ikan ini memiliki daging yang padat dan tekstur yang sedikit kenyal, menjadikannya pilihan yang ideal untuk berbagai metode memasak seperti dibakar, direbus, atau dijadikan sup. Bagian ikan yang dimanfaatkan adalah daging sedangkan tulangnya dibuang. Menurut (Sarfianawati et al., 2024) ikan kakap merah memiliki kandungan air sebanyak 80,3%, protein 18,2%, karbohidrat 0%, lemak 0,4%, abu 1,1%.

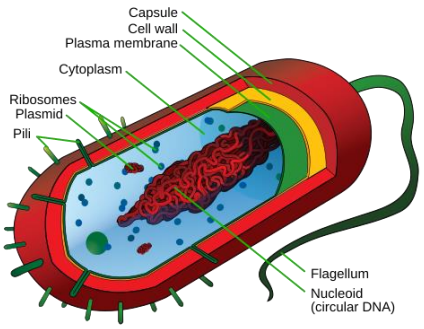
Ikan kakap merah biasanya dijual dalam bentuk utuh dan fillet, di mana bentuk utuh ini mempertahankan kesegaran dan kualitas dagingnya lebih baik karena memiliki perlindungan alami dari sisik dibandingkan dengan fillet dengan permukaan daging yang terbuka semakin luas sehingga mudah untuk meningkatkan paparan terhadap mikroorganisme. Banyak sekali pengolahan fillet ikan yang menguntungkan dan dapat meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Konsumen dapat memperoleh produk yang praktis sehingga banyak membutuhkan waktu untuk memasak menjadi lebih cepat (Derwin et al., 2022).

Selain ada keuntungan dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, fillet ikan sebenarnya juga mempunyai kerugian sebab produk fillet ikan lebih rentan terhadap kontaminasi dan penurunan mutu daripada ikan utuh (Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana

Sri Wahyuni Sitepu, 2020). Di perkuat lagi dengan kadar air yang cukup tinggi pada ikan kakap merah 70-80% (Pipit Muliyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, 2020b). Kandungan air yang tinggi, pH tubuh ikan yang mendekati netral dan daging ikan yang sangat mudah dicerna oleh enzim autolysis menyebabkan daging sangat lunak, sehingga menjadi media yang baik untuk pertumbuhan bakteri pembusuk (Wahyudi & Maharani, 2017) .

2.4 Bakteri

Bakteri merupakan mikroba atau mikroorganisme yang bersel satu dengan bentuk sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Kata "Bakterion" berasal dari bahasa yunani yang berarti tongkat atau batang (Rois Arifin, 2023). Bakteri pada umumnya terdiri dari tiga bentuk dasar, yaitu bentuk bulat (kokus), batang (basilus) dan spiral (Pratama et al., 2023). Berdasarkan kemampuan menimbulkan penyakit bakteri ada dua jenis yakni patogen dan apatogen. Patogen adalah bakteri yang dapat menimbulkan penyakit, baik melalui invasi langsung atau mencemari makanan. Sedangkan bakteri apatogen adalah tidak berpotensi menimbulkan penyakit, bahkan ada yang menguntungkan bagi manusia (Paramitha, 2018).



Gambar 2. 2 Struktur sel bakteri

Sumber : (Sriyono & SE, 2020)

Bakteri memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan biotik dan abiotik (Irdawati et al., 2023). Sebagian besar bakteri dapat hidup pada suhu antara -5°C hingga 80°C. Bakteri patogen biasanya tumbuh optimal pada suhu 37°C, sedangkan bakteri gram negatif seperti

kelompok *Enterobacteriaceae* dan *Vibrionaceae* berkembang dengan baik pada suhu 30°C hingga 35°C (Rois Arifin, 2023). Dinding sel bakteri terdiri dari peptidoglikan, yang merupakan kompleks karbohidrat dan protein. Bakteri berkembang biak melalui pembelahan biner, membentuk dua sel yang identik. Nutrisi diperoleh melalui bahan kimia organik dari organisme hidup atau mati, serta proses biosintesis.

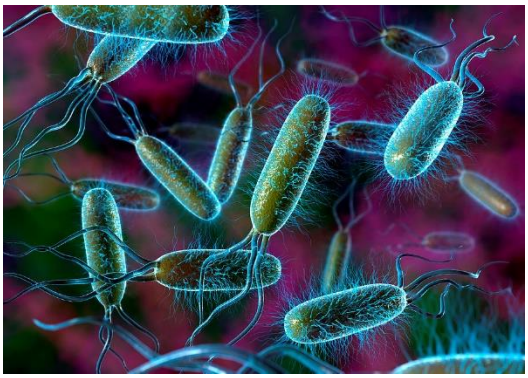
2.5 Bakteri *Escherichia coli*

2.5.1 Definisi

Escherichia coli merupakan salah satu bakteri coliform yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae. Escherichia coli* merupakan bakteri berbentuk batang bersifat Gram-negatif, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan merupakan flora alami pada usus mamalia (Rahayu et al., 2018). Beberapa strain bakteri ini memberikan manfaat bagi manusia, misalnya mencegah kolonisasi bakteri patogen pada pencernaan manusia.

Tetapi, ada beberapa kelompok lain yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia, yang dikenal sebagai *E. coli* patogen. *Escherichia coli* patogen penyebab diare atau disebut juga sebagai diarrheagenic *E. coli* (DEC) terdiri dari enam jenis (Putri et al., 2023). Empat jenis *E. coli* yaitu ETEC, EPEC, EHEC, dan EIEC diketahui merupakan bakteri penyebab penyakit yang berasosiasi dengan pangan (foodborne illness) (Maturin & Peeler, 2011).

2.5.2 Klasifikasi



Gambar 2. 3 Bakteri Escherichia coli

Sumber : (Lailatul, 2021)

Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli*

Kingdom : *Bacteria*

Filum : *Proteobacteria*

Kelas : *Gamma Proteobacteria*

Ordo : *Enterobacteriales*

Famili : *Enterobacteriaceae*

Genus : *Escherichia*

Spesies : *Escherichia coli*

(Allung, 2019).

2.5.3 Morfologi

Escherichia coli merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang dengan ukuran berkisar antara 1.0-1.5 µm x 2.0-6.0 µm, tidak motil atau motil dengan flagela serta dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen, bersifat fakultatif anaerobik dan dapat tahan pada media yang miskin nutrisi. Bakteri *E. coli* umum hidup di dalam saluran pencernaan manusia atau hewan dan tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, atau di tanah. *E. coli* dapat tumbuh dengan baik pada suhu 37 ^{o}C dengan minimal pH 4.5. *Escherichia coli* dapat hidup dan bertahan pada tingkat keasaman yang tinggi di dalam tubuh manusia. *E. coli* juga dapat hidup dan bertahan di

luar tubuh manusia yang penyebarannya melalui feses (Rahayu et al., 2018).

2.5.4 Patogenitas *Escherichia coli*

Patogenitas merupakan kemampuan suatu organisme untuk menimbulkan penyakit. *E. coli* dapat menimbulkan suatu gejala penyakit bila mampu masuk ke tubuh inangnya dan mampu beradaptasi serta bertahan di dalam tubuh manusia, kemudian menyerang sistem imun dan akhirnya menimbulkan penyakit. Mekanisme patogenesis ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti bakteri patogen lainnya. Tahapan tersebut adalah kolonisasi pada titik tertentu di bagian sel permukaan usus (sel mukosa), pembelahan sel, kerusakan sel usus, melintasi sel usus dan memasuki aliran darah, penambatan ke organ target dan akhirnya menyebabkan kerusakan organ. Sebagian besar strain *E. coli* patogen merusak sel inang pada bagian luar, tetapi EIEC merupakan patogen intraseluler yang mampu menyerang dan bereplikasi di dalam sel mukosa usus dan makrofag (Noor, 2022) .

2.5.5 Sifat Biokimia

Pada uji biokimia mengidentifikasi mikroba secara fisiologis serta sinkron reaksi biokimia. Faktor mikroba atau sifat mikroba, jenis media yang digunakan, dan syarat lingkungan mampu mempengaruhi jenis pemeriksaan uji biokimia (Syahri et al., 2019). Karakteristik biokimia *E. coli* lainnya adalah kemampuannya untuk memproduksi indol, kurang mampu memfermentasi sitrat, bersifat negatif pada analisis urease (Rahayu et al., 2018). Uji biokimia terdiri dari uji gula gula (glukosa, sukrosa, maltose, mannitol, laktosa) dan uji imvic (indol, mr, vp, dan sitrat) (Sapitri & Afrinasari, 2019).

2.5.6 Peran dalam Sanitasi dan Keamanan Pangan

Bakteri *E. coli* juga dikenal sebagai bakteri indikator sanitasi dan higiene, yaitu bakteri yang keberadaannya dalam suatu produk pangan menunjukkan indikasi rendahnya tingkat sanitasi yang diterapkan. Keberadaan bakteri ini sering dikaitkan dengan adanya kontaminasi yang

berasal dari kotoran (feses), karena *E. coli* pada umumnya adalah bakteri yang hidup pada usus manusia maupun hewan sehingga keberadaan bakteri tersebut pada air atau pangan menunjukkan adanya proses pengolahan yang mengalami kontak dengan kotoran.

Diketahui bahwa *E. coli* menyumbang sejumlah kasus penyakit enterik bagi anak-anak di beberapa negara berkembang. *Escherichia coli* merupakan etiologik utama penyebab diare. Pada beberapa kasus dapat menimbulkan gejala haemolytic uraemic syndrome (HUS) yang dapat berakibat gagal ginjal. Infeksi tersebut bahkan dapat menyebabkan kematian (Rahayu et al., 2018).

Dalam mencegah kontaminasi *E.coli* terdapat cara untuk mengontrol *E.coli* seperti dengan sanitasi yang baik seperti menyimpannya di lemari es pada suhu 4℃ atau kurang, memasaknya sampai suhu 65℃, dan memanaskannya kembali masakan (SNI 7388 : 2009, 2009).

2.6 Metode Angka Paling Mungkin (APM)

Metode APM (Angka Paling Mungkin) atau Most Probable Number (MPN) merupakan metode yang paling sederhana yang digunakan untuk perkiraan jumlah unit tumbuh (growth unit) atau untuk membentuk koloni (colony-forming unit). Metode APM ini merupakan metode yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik dalam serial menggunakan tabung reaksi. Sampel yang digunakan dapat berupa padat atau cair, sehingga menghasilkan perkiraan jumlah mikroorganisme tertentu (Uliyanti & Filemon, 2024).

2.6.1 Uji Penduga (Presumptive Test)

Uji penduga dilakukan untuk mendeteksi adanya bakteri *E.coli* sebagai indikator kontaminasi. Pada tahap ini, sampel di inokulasi ke media cair seperti Lactose Broth, Lactose Tryptose Broth, dengan menginkubasi sampel pada suhu 37ºC selama 48 jam. Hasil positif ditandai dengan timbulnya gas pada tabung durham dan kekeruhan akibat aktivitas fermentasi laktosa yang menghasilkan zat asam dan gas (Listi et al., 2022).

2.6.2 Uji Penegasan (Confirmed test)

Pada tahap penegasan, hasil positif dari uji penduga kemudian dikonfirmasi menggunakan media selektif, seperti Eosin methylen blue agar (EMBA), Levine's eosin methylen blue (L-EMB) agar untuk mendeteksi bakteri *E.coli.* Koloni dengan karakteristik khas menunjukkan hasil positif uji konfirmasi dengan menginkubasi pada suhu 37ºC selama 24 jam (Listi et al., 2022). Bakteri enterik umumunya mampu memfermentasikan laktosa dan menghasilkan asam. Akibat kondisi ini, bakteri yang memfermentasikan laktosa menghasilkan koloni dengan inti berwarna gelap dengan titik hitam dan kilap hijau metalik (Wahyuni et al., 2018) .

2.7 Uji Biokimia

Uji biokimia adalah tes uji yang digunakan untuk identifikasi mikroorganisme berdasarkan perbedaan aktivitas biokimia mikroba yang berbeda. Perbedaan tersebut pada metabolisme karbohidrat, protein, lemak, produksi enzim tertentu serta dapat dilihat dari perbedaan reaksi seperti membutuhkan oksigen untuk pertumbuhan atau memfermentasi gula untuk menghasilkan asam.

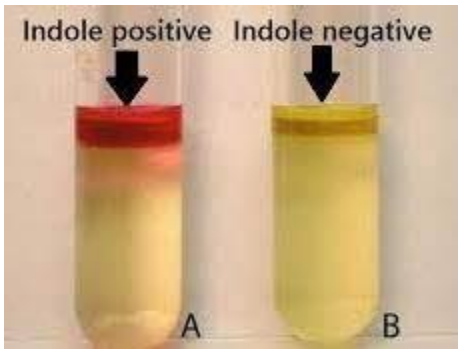
2.7.1 Uji IMVIC

Uji IMViC merupakan metode untuk mengidentifikasi mikroba yang termasuk dalam kelompok *Enterobacteriaceae*, khususnya bakteri *E. coli*. Pengujian ini didasarkan pada proses biokimia dan aktivitas enzimatis dari bakteri yang menghasilkan substrat spesifik ((Sapitri & Afrinasari, 2019)). Uji IMViC terdiri dari empat jenis uji, yaitu: Uji Indole (I), Uji Methyl Red (M), Uji Voges-Proskauer (V), Uji Citrat (C).

2.7.1.1 Uji Indol

Uji indol berfungsi untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam memecah asam amino triptofan menjadi senyawa indol. Triptofan dihidrolisis oleh triptofanase dan menghasilkan tiga produk, salah satunya adalah indole. Produksi indol dideteksi dengan reagen Kovac dan dibiarkan bereaksi menghasilkan senyawa

berwarna merah (Rifai, 2021). Hasil uji indol pada isolat *Escherichia coli* dapat dikonfirmasi dengan hasil positif jika ditunjukkan adanya atau terbentuk cicin berwarna merah ceri setelah penambahan reagen Kovac yang dapat di interprestasikan bahwa *Escherichia coli* dapat memproduksi enzim tryptophan (Puspita et al., 2020).

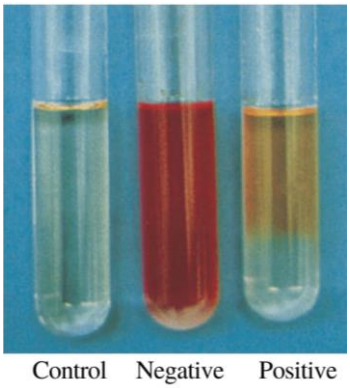


Gambar 2. 4 Interpretasi hail uji indole

Sumber : (Rifai, 2021)

2.7.1.2 Uji Methyl red (MR)

Pada uji MR ditambahkan dengan reagen Methyl Red. Uji Methyl Red bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri untuk mengoksidasi glukosa dengan memproduksi asam dengan konsentrasi tinggi sebagai hasil akhirnya (Rima et al., 2017). Asam yang terbentuk akan membuat pH media menjadi rendah, sehingga pada saat penambahan indikator methyl red media berubah warna menjadi merah (Bambang et al., 2014). Indikator ini bekerja optimal pada pH 4,4 berwarna merah dan pH 6,2 berwarna kuning (Sapitri & Afrinasari, 2019).

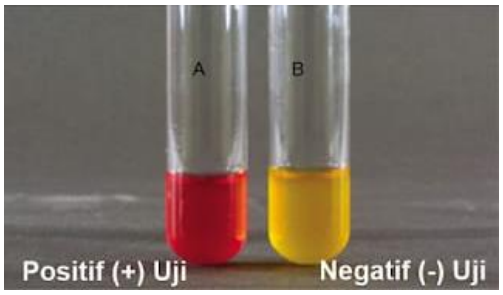


Gambar 2. 5 Interpretasi hasil uji methyl red

Sumber : (Microbial Notes, 2023)

2.7.1.3 Uji voges praskauer (VP)

Uji ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang dapat memfermentasikan glukosa membentuk asetil metil karbinol (asetoin) (Ulfa et al., 2016). Pada uji VP setelah diinkubasi, pada media ditambahkan α napthol dan KOH 40% .Jika setelah ditambahkan α napthol dan KOH 40% terjadi perubahan warna media menjadi merah, berarti bakteri dapat membentuk asetoin (asetilmethylcarbinol) yang merupakan senyawa utama dalam pembentukan 2,3-butanediol. Sedangkan jika hasil negatif maka tidak terjadi perubahan warna menjadi merah muda pada media (Raharja et al., 2023) .



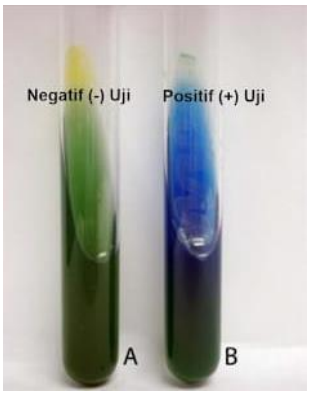
Gambar 2. 6 Interpretasi hasil uji voges proskauer

Sumber : (Micro beholic, 2022)

2.7.1.4 Uji Sitrat

Uji sitrat berfungsi untuk mengetahui sumber karbon bakteri menggunakan sitrat atau tidak menggunakan sitrat. Hasil uji sitrat

dapat diketahui negatif (-) ditandai dengan media bakteri tidak mengalami perubahan warna dari hijau menjadi warna biru. Apabila positif (+) ditandai dengan media bakteri mengalami perubahan warna dari hijau menjadi biru, dapat diartikan bahwa salah satu sumber karbon bakteri menggunakan sitrat (Ummamie et al., 2017). Uji sitrat dilakukan pada media Simmon Citrate Agar (SCA). Pengamatan pada medium Simmon Citrate positif berwarna biru yang artinya *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan sitrat sebagai sumber karbon (Purwaningsih & Wulandari, 2021).



Gambar 2. 7 Interpretasi hasil uji sitrat

Sumber : (Micro beholic, 2022)

2.8 Uji Produksi Gas Laktosa

Uji produksi gas laktosa merupakan salah satu uji biokimia fermentasi karbohidrat. Laktosa sendiri sebagai sumber energi bagi bakteri dalam proses fermentasi. Bakteri yang mampu memfermentasi laktosa menghasilkan asam dan gas. Media laktosa broth atau juga bisa lauryl tryptone broth dengan tabung durham digunakan untuk menangkap gas yang dihasilkan. Adanya gas dalam tabung durham menunjukkan hasil positif. Uji ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan bakteri indikator sanitasi, seperti *E. coli* dan *Klebsiella sp*., yang menunjukkan kontaminasi fekal (Ayu Suryani, 2023).



Gambar 2. 8 Interpretasi hasil produksi gas laktosa, gambar kiri tabung durham di dalam media

Sumber : (Medical Laboratory Technologi, 2016)