

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Lawar



Gambar 1 Lawar Plek

(Sumber : Wayan Suardana dkk., 2019)

1. Pengertian lawar

Lawar adalah makanan tradisional Bali yang biasanya disajikan dalam berbagai upacara adat dan hidangan sehari-hari. Makanan ini sangat populer bagi masyarakat lokal dan internasional. Lawar terdiri dari tiga bahan utama: rames, ketekan, dan jukut. Rames adalah bagian kulit hewan yang diolah dengan cara direbus dan dipotong kecil-kecil. Jukut adalah sayuran yang diolah dengan cara direbus terlebih dahulu lalu dipotong kasar, sedangkan ketekan adalah daging yang dicincang lalu dicampur dengan bumbu khas Bali yang disebut basa genep. Lawar adalah lauk yang terbuat dari campuran daging cincang, sayuran, dan rempah-rempah khas Bali, dan sering disajikan dengan darah segar untuk menambah cita rasa, salah satunya adalah lawar plek (Purnama dkk., 2017)

Lawar plek adalah jenis lawar yang ditemukan di Bali dan dikenal di Desa Ketewel. Lawar ini terbuat dari bagian daging babi mentah dengan darah segar untuk menambah cita rasa, dan biasanya dibuat dengan tangan kosong lalu dimakan tanpa dimasak terlebih dahulu (Purnama dkk.,2017).

2. Jenis-jenis lawar

Nama-nama lawar sangat berbeda berdasarkan jenis daging dan sayuran yang digunakan. Jika daging yang digunakan adalah daging babi, maka lawar tersebut dapat diklasifikasikan sebagai lawar babi. Demikian pula, jika sayuran yang digunakan adalah nangka, maka lawar tersebut dapat disebut lawar nangka. Dalam hal penamaan lawar tergantung pada warna makanan, misalnya, lawar merah dinamakan lawar merah karena warna lawar merah karena penggunaan daging atau darah segar dalam makanan, sedangkan lawar putih disebut lawar putih. Namun, ketika berbicara tentang lawar yang dibuat dengan darah segar, seperti lawar plek, yang terkenal di daerah Gianyar, Sukawati, jenis lawar ini sangat populer di kalangan penduduk setempat dan pengunjung karena olahannya yang tidak biasa (Purwanatha dkk., 2023).

Penduduk Hindu di Bali telah mengenakan lawar sebagai simbol budaya sejak zaman kuno, dan masih dikenakan pada upacara-upacara seperti potong gigi, pernikahan, dan dipura. Selain itu, banyak lawar yang disiapkan dan dijual di tempat umum seperti restoran dan warung, serta di restoran hotel berbintang lima di Bali, menjadikannya sebagai komoditas perdagangan. Selain bahan-bahannya yang banyak dan mahal, saat harga daging naik, kebanyakan orang lebih memilih untuk membeli daripada membuatnya sendiri di rumah. Hal ini dikarenakan selain praktis, harga yang ditawarkan pun masih relatif murah. Berdasarkan observasi

yang dilakukan dengan melakukan wawancara langsung dengan pedagang, harga per porsi lawar bisa mencapai 10.000 dan seterusnya (Trisdayanti dkk., 2015).

3. Pengolahan lawar

Menurut (Wayan Suardana dkk., 2019) proses pengolahan lawar seperti berikut :

1. Gunakan air bersih untuk mencuci dan memotong daging untuk lawar.
2. Jika lawar dibuat dengan sayuran, seperti nangka, maka sayuran harus direbus hingga matang, didinginkan, lalu dicincang hingga halus.
3. Parut daging kelapa yang sudah disangrai di atas bara api; bagian luar daging akan terlihat gosong.
4. Setelah menyiapkan wadah adonan yang cukup besar, masukkan bahan-bahan utama, termasuk daging, sayuran, dan kelapa parut, diikuti dengan bumbu-bumbu, termasuk bumbu dasar genep. Jika masih ada kekurangan bumbu, seperti rasa yang kurang asin atau kurang pedas, aduk seluruh adonan dan cicipi.
5. Selanjutnya, tambahkan darah babi secukupnya ke dalam campuran yang sama dan aduk lagi dengan komponen dan bumbu yang sudah tercampur rata. Untuk mencegah darah yang tercampur dalam lawar menggumpal, aduk-aduk sambil diperas.
6. Selanjutnya, campurkan adonan yang sudah diuleni dengan daging babi (enteb) dan aduk.
7. Untuk meningkatkan rasa dan aroma hidangan, tambahkan bawang merah goreng dan perasan jeruk nipis ke dalam adonan.
8. Selanjutnya, cicipi untuk mengetahui apakah rasanya sudah pas.
9. Lalu sajikan.

4. Kandungan gizi pada lawar

Lawar terkenal dengan komponen-komponennya, yang meliputi kelapa, daging babi, sayuran, dan darah. Nilai gizi dari masing-masing bahan tersebut berbeda-beda. Sementara sayuran seperti kacang panjang (*Vigna sinensis, L.*), pepaya (*Carica papaya, L.*), dan nangka (*Artocarpus integra, L.*) merupakan sumber protein nabati, vitamin, dan mineral, daging merupakan sumber protein hewani yang signifikan. Menurut analisis Yusa (1996) terhadap 18 pedagang lawar sapi di Kota Denpasar, kandungan protein lawar sapi (putih dan merah) berkisar antara 8,48-11,14 persen, kandungan lemak antara 17,98-18,54 persen, dan kandungan karbohidrat antara 3,94-6,61 persen. Kandungan airnya relatif tinggi, sekitar 65,21 hingga 65,63 persen. Selain nutrisi utama yang disebutkan di atas, lawar juga mengandung kalsium (Ca), zat besi (Fe), dan fosfor (P), vitamin B1, B2, dan C.

B. Definisi Mutu Pangan

Keamanan pangan, menurut WHO, adalah jaminan bahwa makanan atau bahan makanan tidak akan berdampak negatif terhadap kesehatan konsumen ketika disiapkan atau dimakan. Peraturan Pemerintah (PP) No. 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan memuat definisi keamanan pangan dalam bahasa Indonesia. Seameorecfon (2020) Keamanan pangan merupakan suatu keadaan dan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk melindungi makanan dari potensi kontaminasi biologis, kimiawi, maupun fisik yang dapat membahayakan, merugikan, atau mengganggu kesehatan manusia. Selain itu, pangan juga harus sesuai dengan nilai-nilai agama, kepercayaan, serta budaya masyarakat agar layak dan aman untuk dikonsumsi. Definisi ini dapat ditafsirkan secara lebih luas dalam

peraturan terbaru. Keamanan pangan mengacu pada proses melakukan segala upaya untuk memastikan keamanan pangan yang dikonsumsi (Yulianti dkk., 2022).

Keamanan pangan merupakan aspek krusial dalam konsumsi makanan tradisional seperti lawar plek. Penelitian oleh (Sukmadhani, 2019) menunjukkan bahwa waktu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap tingkat kontaminasi bakteri pada lawar Bali. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa semakin lama waktu penyimpanan pada suhu ruang, jumlah mikroorganisme cenderung meningkat, yang dapat membahayakan kesehatan konsumen dengan SNI 7388:2009 untuk batas maksimum cemaran mikroba (BMCM) dalam olahan daging pada ALT (Angka Lempeng Total) adalah 1×10^5 apabila jumlah angka kuman melebihi 1×10^5 maka makanan dapat dinyatakan kualitas bahan pangan tidak bagus.

C. Jenis Mikroorganisme

Perkembangan mikroba yang tidak diinginkan pada makanan mengindikasikan adanya penyakit atau pembusukan makanan. Selain memengaruhi kualitas makanan, keberadaan mikroba juga menentukan seberapa aman makanan tersebut untuk dimakan. Waktu yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh secara langsung terkait dengan bagaimana makanan disimpan. Metabolisme yang dilakukan mikroorganisme untuk mempertahankan aktivitas pertumbuhannya adalah penyebab perubahan fisik dan kimia yang mereka hasilkan. Bahan baku produk adalah indikator pertama dari kualitasnya. Prosedur yang sesuai yang tidak menguras nutrisi bahan baku diperlukan untuk membatasi kontaminasi mikroba. Langkah yang paling penting adalah mempersiapkan proses produksi dengan

menghilangkan kontaminasi mikroba sambil mempertahankan nutrisi atau zat yang memberikan kualitas sensorik pada produk.

Berikut merupakan kelompok mikroba yang bisa mempengaruhi ketahanan umur simpan:

1. Bakteri

Bakteri adalah kelompok mikroorganisme yang termasuk dalam kategori prokariot, yang memiliki kemampuan untuk berkembang biak dengan sangat cepat dalam kondisi yang mendukung pertumbuhannya. Secara umum, terdapat berbagai jenis bakteri, dan beberapa di antaranya dapat memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan makhluk hidup, terutama manusia. Bakteri yang bersifat merugikan ini sering disebut sebagai bakteri patogen karena dapat menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan.

Ketika bakteri patogen tumbuh dan berkembang pada bahan pangan, mereka dapat memicu berbagai perubahan yang dapat diamati secara kasat mata maupun melalui analisis lebih mendalam. Perubahan tersebut dapat berupa perubahan warna, tekstur, dan bau, yang menunjukkan adanya proses dekomposisi atau pembusukan. Selain itu, aktivitas metabolisme bakteri juga dapat mempengaruhi komposisi kimia dari bahan pangan, sehingga kandungan nutrisi di dalamnya mengalami degradasi atau transformasi tertentu. Akibat dari perubahan ini, cita rasa bahan pangan yang telah terkontaminasi bakteri pun dapat berubah, sering kali menjadi tidak layak konsumsi atau bahkan berpotensi membahayakan kesehatan jika tetap dikonsumsi.

Tabel 1
Perbandingan Pertumbuhan Bakteri dan Fungi

Ciri-Ciri	Bakteri	Fungi
pH optimum	6,5-7,5	3,8-5,6
Gas	20-37 ⁰ C (Mesofil)	22-30 ⁰ C (saprofit) 30-37 ⁰ C
Cahaya (untuk tumbuh)	Beberapa kelompok fotosintetik	Aerobik obligat (kapang) Fakultatif (khamir)
Karbon	Organik dan anorganik	Organik
Kadar Gula	0,5-1%	4-5%
Aw	.0,86	.0,60

(Sumber : Nurul, 2018)

2. Ragi

Ragi adalah sekelompok mikroorganisme bersel tunggal yang termasuk dalam kategori fungi atau jamur. Mikroba ini memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, terutama dalam bidang industri pangan dan fermentasi. Salah satu alasan utama mengapa ragi banyak dimanfaatkan adalah kemampuannya dalam mengubah bahan organik, terutama karbohidrat, menjadi senyawa lain melalui proses fermentasi.

Secara umum, ragi sering dikaitkan dengan manfaatnya yang besar dalam industri makanan dan minuman. Dalam industri minuman, ragi digunakan untuk fermentasi dalam pembuatan bir, anggur, serta berbagai jenis minuman beralkohol lainnya. Proses ini memungkinkan konversi gula menjadi etanol dan karbon dioksida, yang memberikan karakteristik khas pada minuman fermentasi tersebut. Selain itu, ragi juga memiliki peran yang sangat signifikan dalam industri roti dan produk bakeri. Dalam proses ini, ragi membantu menghasilkan gas karbon dioksida

yang membuat adonan roti mengembang, sehingga menghasilkan tekstur yang lembut dan cita rasa yang khas (Yang dkk., 2022).

3. Kapang

Kapang merupakan mikroorganisme multiseluler yang termasuk dalam kelompok jamur dan memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan, baik yang menguntungkan maupun merugikan. Salah satu dampak negatif utama dari keberadaan kapang dalam makanan adalah potensi terjadinya mikotoksikosis. Mikotoksikosis merupakan kondisi keracunan yang timbul akibat konsumsi makanan atau bahan pangan yang telah terkontaminasi oleh senyawa toksik yang dikenal sebagai mikotoksin. Mikotoksin sendiri adalah metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kapang selama pertumbuhan dan perkembangannya dalam lingkungan yang sesuai. Kontaminasi mikotoksin dalam makanan dapat menyebabkan dampak kesehatan yang serius, tergantung pada jenis mikotoksin yang terlibat, jumlah paparan, serta kondisi fisiologis individu yang mengonsumsinya.

Salah satu karakteristik kapang yang membedakannya dari mikroorganisme lain, seperti bakteri dan ragi, adalah kemampuannya untuk tumbuh dalam kondisi dengan kadar air (aktivitas air atau *aw*) yang lebih rendah. Hal ini memungkinkan kapang untuk bertahan dalam lingkungan yang lebih kering dibandingkan dengan kebanyakan bakteri dan ragi, sehingga sering kali ditemukan pada produk makanan kering seperti sereal, kacang-kacangan, dan rempah-rempah. Selain itu, kapang umumnya bersifat aerobik, yang berarti mereka memerlukan oksigen untuk tumbuh dan berkembang. Karakteristik lainnya adalah preferensi kapang terhadap

lingkungan dengan pH yang lebih rendah atau bersifat asam. Hal ini membuat kapang lebih tahan terhadap kondisi yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga mereka tetap dapat berkembang pada makanan yang memiliki tingkat keasaman tinggi.

Kontaminasi makanan oleh kapang dan mikotoksinnya merupakan masalah keamanan pangan yang signifikan, mengingat toksisitasnya dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia maupun hewan. Oleh karena itu, pemantauan ketat terhadap keberadaan kapang dalam produk pangan, serta upaya pencegahan terhadap pertumbuhan dan produksi mikotoksin, sangat penting untuk mengurangi risiko mikotoksikosis. Beberapa metode yang umum digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan kapang dan produksi mikotoksin meliputi penyimpanan bahan pangan pada kondisi yang tepat, pengeringan yang optimal, serta penggunaan teknologi pengawetan yang efektif seperti iradiasi atau penambahan senyawa antijamur alami maupun sintetis. Upaya ini perlu terus dikembangkan seiring dengan meningkatnya pemahaman terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kapang dan produksi mikotoksin dalam ragi.

Tabel 2
Perbedaan Karakteristik Kerusakan Pangan Yang Disebabkan Oleh Bakteri, Ragi dan Kapang

Ciri-Ciri	Bakteri	Ragi	Kapang
Warna	Perubahan warna	Diskolorisasi	Bintik hitam/bintik putih/ noda-noda hijau
Aroma	Bau asam, bau alkohol, bau busuk	Bau busuk,	Bau tidak sedap
Rasa		Rasa asam	Rasa tidak sedap
Tekstur	Pembentukan fil atau lapisan pada permukaan pembentukan lendir	Pembentukan lendir	Bergetah lengket, berambut
Lain-lain	Pembentukan endapan atau kekeruhan pada minuman, pembentukan gas	Lipolisis	Dekomposisi lemak

(Sumber : Nurul, 2018)

D. Angka Kuman Pada Makanan Lawar

Keamanan pangan lawar merupakan salah satu kesulitan dan tantangan yang paling kritis dalam industri pariwisata dalam hal meningkatkan kualitas makanan dan mempromosikan makanan tradisional agar tidak punah. Pada penelitian (Candra dkk., 2013) yang membahas mengenai kualitas mikrobiologi lawar, di wilayah Sanur, Denpasar, hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 10 warung yang menjual lawar, sebanyak 6 sampel (60%) terdeteksi mengandung *E. coli*. Sementara itu, dalam studi terkait keamanan pangan lawar di Ubud, ditemukan bahwa dari 24 sampel lawar merah berbahan dasar daging babi, sebanyak 20 sampel (83,3%) juga tercemar *E. coli*. Penelitian lainnya yang dilakukan di Kuta mengungkapkan bahwa 44,2% lawar mengandung jumlah koloni bakteri melebihi 10^6 CFU/gram, 46,5%

menunjukkan hasil positif terhadap keberadaan *E. coli*, dan 20% dari sampel tersebut memiliki pita virulensi yang serupa dengan gen SLT-I berukuran 348 bp.

Keberadaan *E. coli* pada Lawar Bali bertentangan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1098/Menkes/Per/VII/2003 tentang Persyaratan Higiene Sanitasi Rumah Makan dan Restoran, yang menyatakan bahwa jumlah *E. coli* pada makanan adalah 0/gram sampel makanan. Masakan Bali, khususnya lawar, yang dibuat dengan menggunakan cara-cara tradisional berdampak pada rasa dan keamanan makanan. Menurut Fardiaz, bahan dan proses pembuatan lawar sangat rentan atau berisiko terkontaminasi bakteri. Faktor intrinsik dan ekstrinsik yang mendukung pertumbuhan bakteri pada lawar menjadi penyebab mengapa lawar sangat rentan terkontaminasi bakteri. Faktor intrinsik adalah sifat dari bahan lawar itu sendiri, mengingat lawar yang berbahan dasar daging mudah sekali dirusak oleh bakteri karena pH daging yang mendekati 7,0. Selain itu, kelapa merupakan bahan baku lawar yang memiliki kandungan karbohidrat sederhana (gula) yang cukup tinggi, yang dapat menimbulkan bahaya bagi perkembangan bakteri, terutama bakteri asam laktat, yang memfermentasikan gula menjadi asam laktat, sehingga dapat menyebabkan perubahan pada bahan makanan, khususnya lawar, menjadi asam (Trisdayanti dkk., 2019)

Selain variabel yang melekat, faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi kualitas mikrobiologis lawar. Pada penelitian di Sanur, mayoritas penjual lawar tidak menggunakan sarung tangan untuk mengolah dan menyajikan lawar, hanya mencuci tangan dengan air yang ditampung di baskom, 60% menggunakan peralatan pengolahan yang kurang bersih, dan menggunakan peralatan seperti

talenan untuk memotong bahan mentah dan bahan yang sudah dimasak tanpa mencucinya terlebih dahulu (Trisdayanti dkk., 2015).

E. Faktor-Faktor Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Makanan.

Mikroorganisme adalah salah satu agen pencemaran makanan yang paling sering dijumpai dan paling sering menyebabkan kesakitan atau gangguan kesehatan, kategori yang termasuk agen ini adalah seperti bakteri, kapang, parasit, gangga dan virus yang bisa membahayakan kesehatan hingga pada kematian. Pada faktor-faktor tertentu pertumbuhan bakteri bisa terjadi tergantung pada kondisi tertentu. Menurut (Leli, 2022) Terdapat dua faktor pertumbuhan mikroba yakni faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik adalah faktor di dalam pangan yang mampu memberikan pengaruh pertumbuhan mikroba.

1. Faktor-faktor intrinsik

a. Kandungan gizi pada pangan.

Mikroorganisme atau mikroba membutuhkan berbagai unsur penting untuk mendukung proses hidup dan berkembang biaknya, seperti air, nitrogen, vitamin, serta mineral. Semua unsur tersebut umumnya tersedia dalam bahan pangan, terutama yang memiliki kandungan gizi tinggi. Karena itulah, bahan pangan yang kaya akan nutrisi dan memiliki kadar air yang cukup tinggi menjadi lingkungan yang sangat ideal bagi pertumbuhan mikroba. Kandungan zat-zat tersebut memberikan nutrisi esensial yang diperlukan mikroba untuk menjalankan aktivitas metabolisme dan memperbanyak diri, sehingga pangan seperti itu cenderung lebih mudah terkontaminasi jika tidak disimpan atau diolah dengan benar. (Leli, 2022)

b. Tingkat keasaman (pH).

pH adalah faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroba melalui dua mekanisme yaitu dengan mempengaruhi fungsi enzim dan proses traspor gizi dari luar ke dalam sel. Berdasarkan tingkat keasaman, bakteri dibagi menjadi *asidofilik* (Tumbuh optimal pada pH sekitar 2), *netrofilik* (pada pH sekitar 7), dan *alkalinofilik* (pH 12). Pada tiap mikroorganisme memiliki kisaran pH optimum untuk pertumbuhannya masing-masing, untuk pH yang bagus untuk tumbuhnya mikroorganisme kisaran pH 6,0-8,0 (Leli, 2022).

c. Aktivitas air (aw)

Perkembangan mikroorganisme turut dipengaruhi oleh jumlah air yang terkandung dalam bahan pangan, yang dikenal sebagai aktivitas air. Air bebas ini dimanfaatkan oleh mikroba untuk berbagai proses penting seperti pengangkutan nutrisi, reaksi enzim, pembentukan komponen sel, serta reaksi biokimia lainnya.

d. Potensial reduksi-oksidasi (redoks) (Leli, 2022).

Potensial redoks (Eh) merepresentasikan sejauh mana suatu substrat dapat menangkap atau melepaskan elektron. Mikroorganisme aerob seperti bakteri aerob, kapang, dan khamir memerlukan nilai Eh yang positif untuk tumbuh, sedangkan mikroorganisme anaerob atau mikroaerofilik yang hidup dalam lingkungan dengan kadar oksigen rendah lebih cocok dengan kondisi Eh yang sedikit negatif (Leli, 2022).

e. Komponen antimikroba

Pada beberapa jenis bahan pangan, secara alami terdapat senyawa atau komponen bioaktif yang memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai agen antimikroba. Senyawa-senyawa ini dapat berperan penting dalam menghambat atau

memperlambat laju pertumbuhan mikroorganisme patogen, khususnya bakteri, yang dapat menyebabkan kerusakan atau pembusukan makanan. Keberadaan komponen antimikroba ini menjadikan bahan pangan tersebut memiliki ketahanan alami terhadap kontaminasi mikroba. Beberapa contoh senyawa alami tersebut antara lain *eugenol* yang terdapat dalam cengkeh, *alisin* yang ditemukan dalam bawang putih, serta timol yang merupakan komponen aktif utama dalam *oregano*. Masing-masing senyawa ini memiliki mekanisme kerja yang berbeda, namun secara umum mampu merusak struktur sel mikroba atau menghambat proses vital dalam sel bakteri sehingga pertumbuhannya dapat ditekan (Leli, 2022)

2. Faktor-faktor ekstrinsik

a. Suhu

Suhu memiliki peran yang sangat penting sebagai salah satu faktor lingkungan utama yang secara langsung memengaruhi kelangsungan hidup serta laju pertumbuhan berbagai jenis organisme, termasuk mikroorganisme. Perubahan suhu dapat memicu berbagai respon biologis pada mikroba, seperti memperpanjang atau memperpendek fase lag (fase adaptasi), memengaruhi kecepatan replikasi sel, mengatur aktivitas enzimatis yang esensial bagi metabolisme, serta mempengaruhi efektivitas dalam menyerap nutrisi dari lingkungannya. Oleh karena itu, pengendalian suhu menjadi aspek krusial dalam menjaga keamanan dan kualitas mikrobiologis suatu bahan pangan. Dalam konteks ini, terdapat rentang suhu yang dikenal sebagai *danger zone* atau zona berbahaya, yaitu berkisar antara 40⁰-60⁰, yang perlu dihindari selama proses penyimpanan atau pengolahan makanan. Rentang suhu tersebut dianggap ideal bagi mikroorganisme patogen dan pembusuk untuk berkembang biak secara optimal, sehingga berisiko menyebabkan

kontaminasi dan kerusakan bahan pangan. Apabila suhu mengalami peningkatan,, maka kecepatan metabolisme akan naik dan pertumbuhan mikroorganisme akan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun maka kecepatan metabolisme juga akan mengalami penurunan sehingga pertumbuhan mikroorganisme bisa saja terlambat. Dan apabila suhu mengalami naik dan turun, maka tingkat pertumbuhan pada mikroorganisme bisa terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan sel-sel bisa saja mati (Leli, 2022). Berdasarkan hal-hal di atas, beberapa hal sehubungan dengan suhu bagi setiap organisme dapat dikelompokkan sebagai berikut :

Tabel 3
Pengelompokan Mikroorganisme Berdasarkan Reaksi Pertumbuhan Terhadap Suhu

Kelompok	Suhu Pertumbuhan minimum ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Pertumbuhan minimum ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Pertumbuhan minimum ($^{\circ}\text{C}$)
Psikotropil	-15	10	20
Psikotrof	-5	25	35
Mesofil	5 s.d 10	30 s.d 37	45
Thermofil	44	45 s.d 55	60 s.d 80
Thermotrof	15	42 s.d 46	50

(Sumber : Buckle, 2010)

b. Kelembapan udara relatif (RH)

Kelembapan udara relatif dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri melalui cara perantara yang berhubungan pada aktivitas air. Kelembapan yang tinggi akan mendukung mikroorganisme pada bahan pangan mudah menyerap air nantinya (Leli, 2022).

c. Gas di lingkungan

Dengan melakukan rekayasa terhadap komposisi gas di sekitar bahan pangan, kita dapat menciptakan kondisi lingkungan yang tidak mendukung bagi

pertumbuhan mikroorganisme, khususnya bakteri. Proses ini dikenal sebagai modifikasi atmosfer atau pengendalian atmosfer, yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan dan menjaga kualitas produk pangan. Dua jenis gas yang sering dimanfaatkan dalam teknik ini adalah gas *karbon dioksida* (CO₂) dan *ozon* (O₃). Karbon dioksida bekerja dengan cara menurunkan aktivitas metabolik bakteri, sehingga memperlambat laju pertumbuhannya, sementara ozon, sebagai agen oksidator yang kuat, mampu merusak dinding sel bakteri dan menghentikan replikasinya. Oleh karena itu, penerapan kedua gas ini dalam sistem penyimpanan pangan terbukti efektif dalam menekan kontaminasi mikroba dan mempertahankan keamanan produk (Leli, 2022).

Tabel 4
Pengaruh Faktor Intrinsik dan Ekstrinsik

Intrinsik	Ekstrinsik
Ph	Temperatur (selama produksi penyimpanan, distribusi dan display)
<i>Water activity</i>	Kemasan
Potensial redox	Gas atmosfer
Natural barriers	Relative humidity
Kandungan nutrisi	Proses pengolahan bahan pangan
Kandungan substansi antimikroba	Penerapan GMP
<i>Mikroflora</i>	Data historis
<i>Mikrobiological quality</i> dari bahan tambahan	Penyimpanan dan pendistribusian
Formula dan komposisi produk	Praktek/Kebiasaan konsumen
Kepadatan bahan pangan dan struktur bahan pangan	Prosedur berdasarkan HACCP

Sumber : Nurul, 2018

F. Metode Pengukuran Angka Kuman

Pertumbuhan mikroorganisme dapat diukur dengan menggunakan pendekatan langsung atau tidak langsung. Teknik langsung melibatkan penghitungan jumlah kuman untuk menentukan bagian dari jumlah mikroorganisme yang ada pada saat

penghitungan. Hasil penghitungan segera menunjukkan berapa banyak bakteri yang masih hidup dan berapa banyak yang mati.

1. Ruang hitung /cawan hitung khusus

Contoh: Slide *Haemositometer Petroff Hauser*. Larutan yang akan dianalisis ditempatkan di dalam ruang hitung *Haemocytometry*, yang volumenya sudah diketahui. Ruang penghitungan telah dipisahkan menjadi sembilan kotak besar. Satu kotak besar terdiri dari 25 kotak sedang, yang masing-masing dibagi menjadi 16 kotak kecil dengan area dan volume yang telah ditentukan. Jumlah mikroba per mililiter dapat dihitung dengan menghitungnya dan mengalikannya dengan kapasitas kotak.

2. Metode breed

Metode ini dengan cara filmorganisme dikeringkan, difiksasi, lalu ditentukan jumlahnya. Dengan preparat olesan (Smear Count) Membuat preparat oles dari sejumlah volume tertentu dari larutan sampel dan disebarkan diatas gelas objek dalam luas tertentu pula (misalnya: 1 cm³) lalu preparat olesan difikasi, diwarnai,dihitung dibawah mikroskop. Dengan mengetahui luas bidang pandang mikroskop dan jumlah mikroorganisme yang ada dibidang tersebut, maka jumlah mikroorganisme per milimeter sampel dapat diketahui.

Ada berbagai cara untuk menghitung metode tidak langsung, termasuk pengenceran perhitungan angka terkecil atau angka terdekat (MPN), kolometri (kekeruhan atau turbidimetri), dan perhitungan pada cawan petri (jumlah lempeng total/angka lempeng standar). Metode tidak langsung biasanya hanya dimaksudkan untuk menentukan jumlah mikroorganisme dalam suatu bahan yang masih hidup

(viable count). Hasil perhitungan akan menunjukkan jumlah mikroba yang masih hidup saja.

3. Metode *total plate count* atau (TPC)

Teknik yang digunakan untuk menentukan berapa banyak mikroorganisme yang ada dalam sampel atau sediaan biasanya disebut sebagai metode ALT (angka lempeng total). Ide di balik teknik ini adalah menumbuhkan sel mikroba hidup di dalam medium, yang memungkinkan mikroorganisme berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Koloni-koloni tersebut kemudian dapat dihitung secara visual tanpa memerlukan mikroskop. Metode TPC atau hitung cawan dapat dibedakan menjadi dua cara yaitu, dengan metode tuang (pour plate) dan metode permukaan (surface/spread plate). Langkah pertama dalam kedua teknik ini berbeda, tergantung pada apakah media agar digunakan atau tidak. Contohnya, pada pendekatan sampel tuang, sampel diencerkan sebelum ditempatkan pada cawan petri. Untuk pendekatan permukaan, sampel harus dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan membeku setelah media disiapkan.

4. Metode *Most Probable Number* (MPN)

Most Probable Number (MPN) adalah teknik untuk mengetahui berapa banyak mikroorganisme yang hidup. Teknik ini didasarkan pada pengenceran atau inokulasi bahan ke dalam tabung dengan media cair dalam tiga ukuran sampel yang berbeda. Setelah tabung diinkubasi, media harus memungkinkan untuk mendeteksi pertumbuhan bakteri dan angka positif pada setiap ukuran sampel atau pengenceran. Dengan memperkirakan kemungkinan kepadatan awal

mikroorganisme dalam sampel, prinsip metode MPN-yang didasarkan pada jumlah faktor kuantitas dengan mikroorganisme dan faktor kuantitas tanpa mikroorganisme-dapat ditentukan. Dasar pemikiran dari perhitungan probabilitas adalah bahwa mikroorganisme dalam sampel tersebar secara seragam dan acak. Ada dua kategori sampel: cair dan padat. Sampel padat memerlukan pengenceran, sedangkan sampel cair tidak. Pengenceran awal sampel padat akan menghasilkan faktor kuantitas dengan segera. Membandingkan pendekatan MPN dengan metode penghitungan konvensional cangkir mengungkapkan sejumlah manfaat. Dibandingkan dengan pendekatan penghitungan cawan, metodologi MPN lebih sensitif dan menawarkan keserbagunaan deteksi yang lebih besar. Dengan menggunakan berbagai media kultur dan kondisi inkubasi, pendekatan MPN merupakan metode yang fleksibel yang dapat menghitung beberapa jenis mikroorganisme. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kualitas kelezatan makanan berdasarkan kuantitas mikroorganisme yang ada serta keberadaan mikroba berbahaya dalam makanan (Siqueira Santos dkk., 2013). Teknik MPN dapat digunakan pada media LBG, LBT, BGLB, dan EMB agar. Galaktomanan dengan distribusi galaktosa yang tidak acak pada rantai utama mannan adalah locust bean gum, atau LBG. Terdapat lebih dari sepuluh unit mannan yang bersebelahan yang menyelaraskan ikatan hidrogen pada struktur polisakarida lain dan tidak tergantikan.