



Analisis cemaran Mikroba, Logam, Pestisida pada makanan dan minuman.

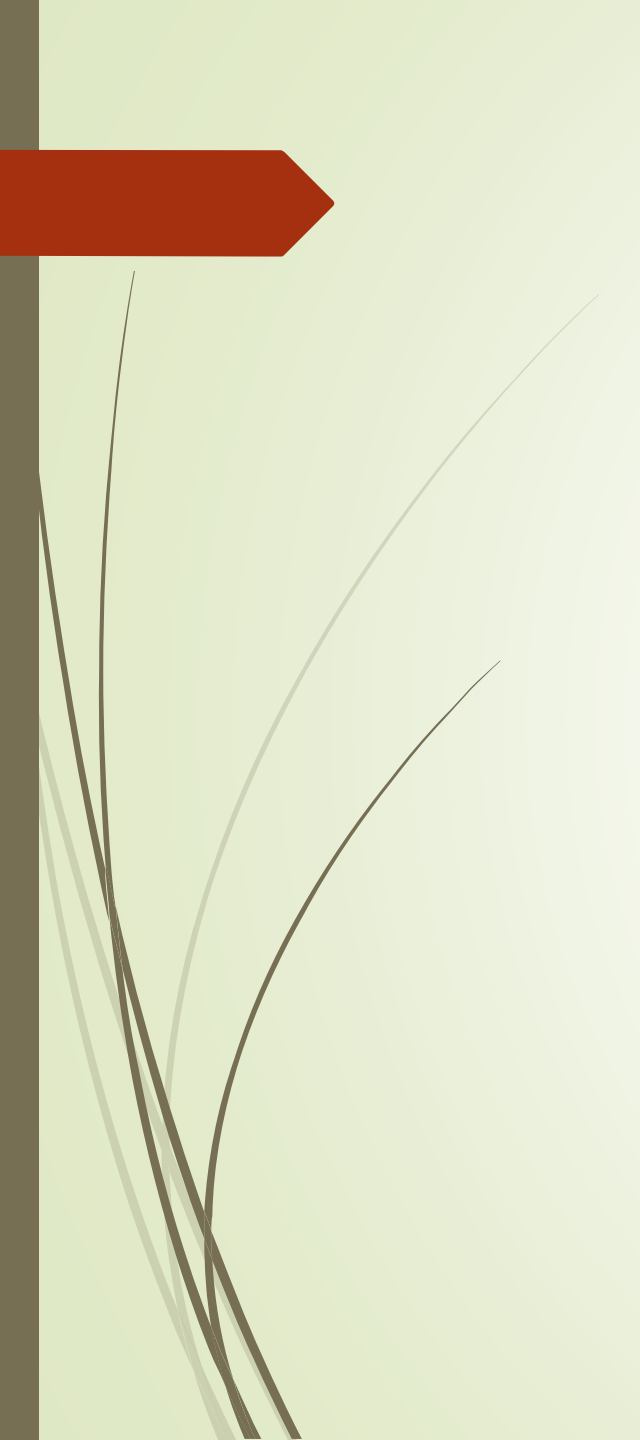
ANALISIS MAKANAN DAN KOSMETIK

Mohamad Ikram. M.Farm.,



Apa itu cemaran ?

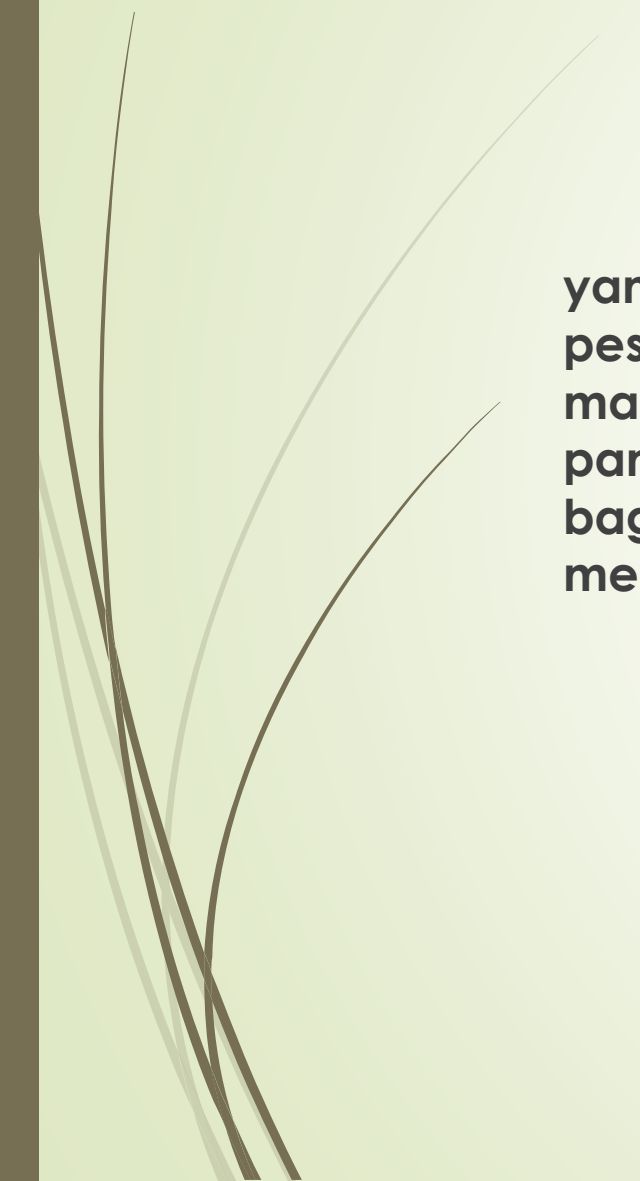
Cemaran adalah bahan yang tidak dikehendaki ada dalam makanan yang mungkin berasal dari lingkungan atau sebagai akibat proses produksi makanan, dapat berupa cemaran biologis, kimia dan benda asing yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia.



Pangan tercemar adalah pangan yang mengandung bahan beracun, berbahaya atau yang dapat merugikan atau membahayakan kesehatan atau jiwa manusia; pangan yang mengandung cemaran yang melampaui ambang batas maksimal yang ditetapkan; pangan yang mengandung bahan yang dilarang digunakan dalam kegiatan atau proses produksi pangan; pangan yang mengandung bahan yang kotor, busuk, tengik, terurai, atau mengandung bahan nabati atau hewani yang berpenyakit atau berasal dari bangkai sehingga menjadikan pangan tidak layak dikonsumsi manusia; pangan yang sudah kedaluwarsa.



CEMARAN PESTISIDA



Berbagai penelitian telah mengungkapkan adanya beberapa residu pestisida yang tertinggal dalam bahan pangan. Tentu saja dalam analisis residu pestisida tersebut diperlukan suatu metode yang tepat. Oleh karena itu dalam makalah ini dikaji berbagai metode analisis residu pestisida dalam bahan pangan. Meskipun sampai saat ini belum ada satu metode yang benar-benar bagus dengan segala kelebihanannya, karena masing-masing metode itu mempunyai karakteristik sendiri-sendiri dan mempunyai keterbatasan.



Pestisida adalah substansi kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk mengendalikan berbagai hama (<http://biotis.co.id>, apa itu pestisida). Aurand dkk (1987: 645-646) mendefinisikan pestisida sebagai produk berupa zat atau campuran zat yang berbentuk gas, cair, atau padat yang digunakan untuk membunuh, melindungi, mengontrol, mencegah, atau mengurangi bentuk-bentuk kehidupan tanaman atau hewan atau virus (kecuali virus, jamur, atau bakteri pada atau dalam kehidupan manusia dan hewan lainnya).

Residu pestisida organoposfat yang kemudian disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7317:2008 tentang batas maksimum residu pestisida pada hasil pertanian dan SNI 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.



Adanya residu pestisida dalam makanan, termasuk dalam sayur dan buah merupakan masalah utama bagi kesehatan masyarakat. Residu yang sampai kepada manusia dapat ditinggalkan secara langsung maupun tidak langsung. Makanan yang mengandung residu pestisida jika dikonsumsi dalam jangka panjang akan menimbulkan gangguan kesehatan yang ditunjukkan dengan adanya gejala akut seperti sakit kepala, mual, dan muntah serta gejala kronis seperti kehilangan nafsu makan, kejang otot, dan lain-lain (Yuantari, 2015).

Di Indonesia pestisida sintetik yang banyak digunakan oleh petani adalah golongan organofosfat (Priyanto, 2009). Menurut laporan WHO, terdapat 26 juta kasus keracunan residu pestisida dan angka kematian mencapai 220 ribu kasus per tahunnya. Data Badan POM tahun 2017, kasus keracunan akibat residu pestisida yang berlebih mencapai 433 kasus.



Cemaran Logam

Masuknya logam berat ke dalam tubuh makhluk hidup dapat melalui makanan/pakan, air minum, inhalasi udara maupun penetrasi melalui kulit. Dampak logam berat dalam tubuh tidak dirasakan secara langsung, tetapi akan terakumulasi selama beberapa tahun dalam organ tubuh, sehingga apabila dosisnya melebihi normal dapat menyebabkan keracunan (Darmono 2008).



TIMBAL

Deskripsi

Timbal (Pb) memiliki nomor atom 82; bobot atom 207,21; Valensi 2-4. Timbal merupakan logam yang sangat beracun terutama terhadap anak-anak. Secara alami ditemukan pada tanah. Timbal tidak berbau dan tidak berasa. Timbal dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa-senyawa timbal, baik senyawa-senyawa organik seperti timbal oksida (PbO), timbal klorida (PbCl₂) dan lain-lain. Sumber-sumber timbal antara lain cat usang, debu, udara, air, makanan, tanah yang terkontaminasi dan bahan bakar bertimbal. Penggunaan senyawa-senyawa timbal antara lain pembuatan gelas, penstabil pada senyawa senyawa PVC, cat berbasis minyak, zat pengoksidasi, bahan bakar.

Toksisitas

LD₅₀ :

- Tikus 100-825 mg/kg (oral, timbal arsenat)
- Tikus 109 mg/kg (oral, tetrametil timbal)
- Kelinci 125 mg/kg (oral, timbal arsenat)
- Ayam 450 mg/kg (oral, timbal arsenat)

LD :

- Tikus 11000 mg/kg (oral, timbal asetat)
- Anjing 2000-3000 mg/kg (oral, timbal sulfat)

LDLo : Manusia perkiraan 1,70 mg/kg (triethyl timbal)

PTWI : 0,025 mg/kg bb

Kajian Keamanan

Di dalam tubuh, timbal diperlakukan seperti halnya kalsium. Tempat penyerapan pertama adalah plasma dan membran jaringan lunak. Selanjutnya didistribusikan ke bagian-bagian dimana Kalsium memegang peranan penting seperti gigi pada anak-anak dan tulang pada semua umur.

Merkuri

Deskripsi

Merkuri (Hg) memiliki nomor atom 80; bobot atom 200,59; bobot jenis 13,55 g/cm³; titik leleh -38,9 °C; titik didih 357,3 °C; tekanan uap 163×10^{-3} Pa; kelarutan dalam air 60 µg/l pada 20 °C, 250 µg/l pada 50 °C dengan faktor konversi 1 mg/kg = 8,34 mg/m³, 1 mg/m³ = 0,12 mg/kg. Merkuri berupa logam cair berwarna putih keperakan, mengkilat dan tidak berbau.

Merkuri merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dan dapat terjadi secara alamiah di lingkungan, sebagai hasil dari perombakan mineral di alam melalui proses cuaca/iklim, dari angin dan air. Senyawa merkuri dapat ditemukan di udara, tanah dan air dekat tempat-tempat kotor dan berbahaya. Merkuri dapat berikatan dengan senyawa lain seperti klorin, sulfur atau oksigen membentuk senyawa atau garam merkuri anorganik. Kebanyakan senyawa merkuri anorganik berupa serbuk atau larutan berwarna putih kecuali untuk merkuri sulfida (dikenal sebagai sinabar) yang berwarna merah dan berubah menjadi hitam apabila terkena cahaya. Umumnya merkuri ditemukan di alam dalam bentuk merkuri metalik, merkuri sulfida, merkuri klorida dan metil merkuri.



Merkuri digunakan dalam termometer, barometer, dan dalam amalgam gigi. Merkuri sulfida dan merkuri oksida digunakan sebagai pigmen cat. Merkuri sulfida juga digunakan sebagai pigmen untuk membuat tato.

Toksisitas

PTWI : 0,005 mg/kg bb sebagai merkuri total;
PTWI : 0,0016 mg/kg bb sebagai metilmerkuri.

Kajian Keamanan

Secara alamiah merkuri terjadi dalam beberapa bentuk di lingkungan/alam. Biasanya ditemukan/berada pada ikan laut atau kekerangan secara alamiah $\pm 0,1$ mg/kg. Dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui penyerapan udara yang mengandung bau/uap metalik merkuri, atau saat mengkonsumsi pangan yang tercemar merkuri. Saat manusia menghirup uap merkuri, 80% merkuri akan langsung masuk ke dalam darah dari paru-paru dan dengan cepat menyebar ke organ tubuh lainnya termasuk otak dan ginjal. Menghirup merkuri organik dapat mempengaruhi otak dan fungsi lainnya, dan akan menyebabkan bermacam-macam gejala seperti mudah marah, suka gemetar, kehilangan sensasi, kesulitan daya ingat, otak yang tidak terorganisir, dan lain-lain. Apabila kontak dengan kulit, dapat menyebabkan alergi dan reaksi yang terjadi tergantung daya tahan tubuh seseorang.

Data dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian menunjukkan bahwa kandungan merkuri dalam beras rata-rata 0,20 mg/kg. Hasil pengujian merkuri dalam ikan di Indonesia sekitar 1,0 mg/kg.

Kadmium

Deskripsi

Kadmium (Cd) memiliki nomor atom 48; bobot atom 112,41 g; bobot jenis 8,642 g/cm³ pada 20 °C; titik leleh 320,9 °C; titik didih 767 °C; tekanan uap 0,013 Pa pada 180 °C. Kadmium merupakan logam yang ditemukan alami dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam lunak berwarna putih perak. Namun sejauh ini belum pernah ditemukan kadmium dalam keadaan logam murni di alam. Kadmium biasa ditemukan sebagai mineral yang terikat dengan unsur lain seperti oksigen, klorin, atau sulfur. Kadmium tidak memiliki rasa maupun aroma spesifik. Kadmium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan baterai, pigmen, pelapisan logam dan plastik.

Toksisitas

LD₅₀ : 225 mg/kg; PTWI : 0,007 mg/kg bb.

Kajian Keamanan

Dalam kondisi asam lemah, kadmium akan mudah terabsorpsi ke dalam tubuh. Sebanyak 5% kadmium diserap melalui saluran pencernaan, dan terakumulasi dalam hati dan ginjal. Kadmium dan senyawanya bersifat karsinogen dan bersifat racun kumulatif. Selain saluran pencernaan dan paru-paru, organ yang paling parah akibat mencerna kadmium adalah ginjal. Kerusakan yang terjadi disebabkan oleh proses destruksi eritrosit, proteinuria, rhinitis, emphysema dan bronkhitis kronis. Gejala keracunan kronis adalah terjadinya ekskresi β -mikro-globulin dalam urin akibat kerusakan fungsi ginjal. Kadmium juga mengakibatkan terjadinya deformasi tulang. Di Jepang, penyakit "Itai-itai" disebabkan konsumsi beras berkadar Cd lebih dari 0,4 mg/kg. Di Indonesia terdapat kajian kadar kadmium dalam beras coklat (beras pecah kulit) 0,04 mg/kg – 0,39 mg/kg (1993). Kajian domestik menunjukkan bahwa kandungan cadmium dalam kacang tanah lebih rendah dari 0,2 mg/kg, dalam polong-polongan lebih rendah dari 0,1 mg/kg, dan dalam kedelai (kering) lebih rendah dari 0,2 mg/kg. Kandungan kadmium pada ikan predator misalnya cucut, tuna, marlin dan lain-lain di Indonesia mencapai hingga 0,6 mg/kg, namun sebagian besar mendekati 0,5 mg/kg; pada kekerangan (bivalve) moluska dan teripang < 1,0 mg/kg.

CEMARAN MIKROBA

Cemaran Mikroba adalah cemaran dalam Pangan Olahan yang berasal dari mikroba yang dapat merugikan dan membahayakan kesehatan manusia. Kriteria Mikrobiologi adalah ukuran manajemen risiko yang menunjukkan keberterimaan suatu pangan atau kinerja proses atau sistem keamanan pangan yang merupakan hasil dari pengambilan sampel dan pengujian mikroba, toksin atau metabolitnya atau penanda yang berhubungan dengan patogenisitas atau sifat lainnya pada titik tertentu dalam suatu rantai pangan.

Cemaran Mikroba meliputi :

ANGKA LEMPENG
TOTAL (ALT)

Escherichia coli

Salmonella sp

*Staphylococcus
aureus*

Bacillus cereus

Angka Lempeng Total

Deskripsi

Angka Lempeng Total (ALT) menunjukkan jumlah mikroba dalam suatu produk. Di beberapa negara dinyatakan sebagai Aerobic Plate Count (APC) atau Standard Plate Count (SPC) atau Aerobic Microbial Count (AMC). Angka Lempeng Total (ALT) disebut juga Total Plate Count (TPC) adalah jumlah mikroba aerob mesofilik per gram atau per mililiter contoh yang ditentukan melalui metode standar.

Kajian Keamanan

ALT secara umum tidak terkait dengan bahaya keamanan pangan namun kadang bermanfaat untuk menunjukkan kualitas, masa simpan/waktu paruh, kontaminasi dan status higienis pada saat proses produksi. ALT untuk produk pangan dalam kaleng dinyatakan dalam ALT aerob dan ALT anaerob. ALT anaerob dimaksudkan untuk menunjukkan kontaminasi pasca proses pengalengan.

Escherichia coli

Deskripsi

Deskripsi *E. coli* merupakan bakteri berbentuk batang pendek (kokobasil), Gram negatif, ukuran $0,4 \mu\text{m} - 0,7 \mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$, dan beberapa strain mempunyai kapsul. Terdapat strain *E. coli* yang patogen dan non patogen. *E. coli* non patogen banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai flora normal dan berperan dalam pencernaan pangan dengan menghasilkan vitamin K dari bahan yang belum dicerna dalam usus besar.

Kajian Keamanan

Strain patogen *E. coli* dapat menyebabkan kasus diare berat pada semua kelompok usia melalui endotoksin yang dihasilkannya.



E. coli yang dihubungkan dengan tipe penyakit usus (diare) pada manusia yaitu :

- ❑ Enteropathogenic E. coli : menyebabkan diare, terutama pada bayi dan anak-anak di negara-negara sedang berkembang.
- ❑ Enterotoksigenik E.coli menyebabkan Secretory Diarrhea seperti pada kolera. Strain bakteri ini mengeluarkan toksin LT (termolabil) atau ST (termostabil). Toksin dikeluarkan saat bakteri melekat pada sel epitel mukosa usus.
- ❑ Enteroinvasive E. coli menyebabkan penyakit diare seperti disentri yang disebabkan oleh Shigella.
- ❑ E. coli serotipe O157 : H7 menyebabkan colitis hemoragik (diare berdarah).



E. coli juga dapat menyebabkan infeksi saluran urin dan juga penyakit lain seperti pneumonia, meningitis dan traveler's diarrhea. Meskipun infeksi E.coli dapat diobati dengan antibiotika namun dapat menyebabkan pasien syok bahkan mengarah pada kematian karena toksin yang dihasilkan lebih banyak pada saat bakteri mati.

Dosis infeksi untuk E.coli serotype O157:H7 adalah rendah yaitu antara 10¹/g – 10²/g; dosis ini menyebabkan penyakit pada balita, manula dan orang yang kekebalan tubuhnya rendah. E. coli yang diisolasi dari infeksi biasanya sensitif pada obat-obat antimikroba yang digunakan untuk mikroba Gram negatif. Pangan yang biasanya terkontaminasi E.coli ialah daging hamburger yang setengah matang dan pangan cepat saji lain serta keju yang berasal dari susu yang tidak dipasteurisasi. Sanitasi yang baik, memasak daging sapi sampai suhu 65 °C, memanaskan kembali masakan dan menyimpan pangan di lemari es pada suhu 4 °C atau kurang; merupakan cara untuk mengontrol E. coli.

Salmonella sp

Deskripsi

Salmonella merupakan bakteri berbentuk batang dengan ukuran 1 μ m - 3,5 μ m x 0,5 μ m – 0,8 μ m, motil, kecuali *S. gallinarum* dan *S. pullorum* nonmotil, tidak berspora dan bersifat Gram negatif.

Salmonella sp terdapat dimana-mana, dan dikenal sebagai agen zoonotic. Bakteri ini tumbuh pada suasana aerob dan fakultatif anaerob pada suhu 15 °C - 41 °C (suhu pertumbuhan optimum 37,5 °C) dan pH pertumbuhan 6 - 8, namun pada suhu 56°C dan keadaan kering akan mati. Dalam air bisa bertahan selama 4 minggu. Habitat utama Salmonella sp yaitu di saluran usus halus hewan termasuk manusia.

Ada banyak jenis Salmonella penyebab foodborne disease (penyakit yang disebabkan oleh pangan). Salah satunya ialah Salmonella Typhimurium. Jenis lain yang ditemukan ialah, Salmonella Enteritidis, yang terdapat pada telur belum matang yang tercemar. Bakteri ini mudah rusak oleh panas.



Kajian Keamanan

Lebih dari 50,000 kasus keracunan pangan di USA pertahunnya disebabkan oleh *Salmonella* sp. Kasus keracunan yang disebabkan oleh bakteri ini biasanya terjadi jika manusia menelan pangan yang mengandung *Salmonella* sp dalam jumlah signifikan. Jumlah *Salmonella* sp yang dapat menyebabkan Salmonellosis yaitu

antara 10^7 sel/g - 10^9 sel/g. Di USA, *S.typhimurium* dan *S.Enteritidis* adalah penyebab salmonellosis.

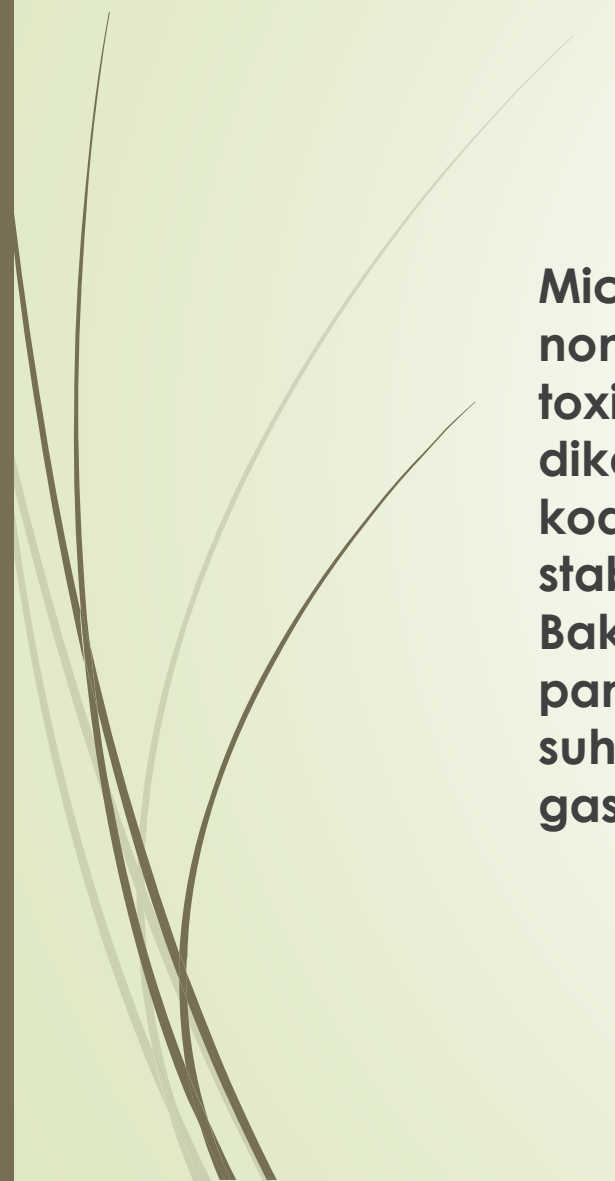
Penyebaran mikroba ini biasanya melalui daging dan telur yang tidak dimasak. Ayam dan produk unggas adalah tempat berkembangbiakan *Salmonella* sp yang paling utama. Jika pangan yang tercemar *Salmonella* sp tertelan, dapat menyebabkan infeksi usus yang diikuti oleh diare, mual, kedinginan dan sakit kepala. Ada 2200 jenis *Salmonella* sp dikelompokkan berdasarkan antigen permukaannya. Bakteri ini dapat menyebabkan komplikasi serius pada individu immunosupresi seperti pasien HIV/AIDS.



Staphylococcus aureus

Deskripsi

Staphylococcus aureus adalah bakteri bola berpasang-pasangan atau berkelompok seperti buah anggur dengan diameter antara 0,8 mikron -1,0 mikron, non motil, tidak berspora dan bersifat gram positif. Namun kadang-kadang ada yang bersifat Gram negatif yaitu pada bakteri yang telah difagositosis atau pada biakan tua yang hampir mati. Bakteri stafilokokus sering ditemukan sebagai mikroflora normal pada kulit dan selaput lendir pada manusia. Dapat menjadi penyebab infeksi baik pada manusia maupun pada hewan. Jenis bakteri ini dapat memproduksi enterotoksin yang menyebabkan pangan tercemar dan mengakibatkan keracunan pada manusia. Bakteri ini dapat diisolasi dari bahan bahan klinik, carriers, pangan dan lingkungan.



Secara klinis, stafilokokus merupakan genus paling penting dari family Micrococcaceae. Genus ini dibagi menjadi dua kelompok besar : aureus dan non aureus. *S.aureus* dikenal sebagai penyebab infeksi jaringan lunak, seperti toxic shock syndrome (TSS) dan scalded skin syndrome (SSS), yang dapat diketahui dari spesies Stafilokokus yang memberikan hasil positif pada tes koagulase. Beberapa strain mampu menghasilkan protein toksin yang sangat stabil terhadap panas yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Bakteri ini tumbuh dengan baik pada suhu tubuh manusia dan juga pada pangan yang disimpan pada suhu kamar serta menghasilkan toksin pada suhu tersebut. Toksin ini disebut enterotoxin karena dapat menyebabkan gastroenteritis atau radang lapisan saluran usus.



Kajian Keamanan

Terdapat dua bentuk keracunan pangan akibat stafilokokus yaitu stafiloenterotoksikosis dan stafiloenterotoksemia. Kondisi tersebut disebabkan oleh enterotoksin yang dihasilkan oleh beberapa strain *S. aureus*. Enterotoksin *S. aureus* menyebabkan keracunan pangan dalam waktu singkat dengan gejala kram dan muntah yang hebat. Selain itu, mikroba ini juga mengeluarkan leukosidin, suatu toksin yang merusak sel darah putih dan mempercepat pembentukan nanah pada luka dan jerawat. *S. aureus* ditemukan sebagai penyebab beberapa penyakit seperti pneumonia, meningitis, melepuh, arthritis dan osteomyelitis (infeksi tulang kronis). Dosis infeksi toksin kurang dari 1,0 g pada pangan tercemar akan menimbulkan gejala intoksikasi stafilokokal. Kadar toksin ini dicapai saat populasi *S. aureus* melebihi 100.000 /g.



Bacillus cereus

Deskripsi

Bacillus cereus ialah bakteri berbentuk batang yang berspora dan bersifat Gram positif, selnya berukuran besar dibandingkan dengan bakteri batang lainnya serta tumbuh secara aerob fakultatif. Untuk membedakan *B. cereus* dengan *Bacillus* lainnya, digunakan ciri morfologi dan biokimia. Perbedaan dapat dilakukan dengan melihat motilitasnya (*B. cereus* paling motil), pembentukan kristal toksin (*B. thuringiensis*), aktivitas hemolitik (*B. cereus* dan *Bacillus* lain mempunyai aktivitas β - hemolitik sedangkan *B. anthracis* umumnya non hemolitik).



Kajian Keamanan

B. cereus dapat menyebabkan dua tipe penyakit, yaitu diare dan muntah. Gejala penyakit diare yang ditimbulkan mirip dengan yang disebabkan oleh *Clostridium perfringens*; yaitu buang air besar encer, perut kejang-kejang dan sakit 6 jam -15 jam setelah mengkonsumsi pangan yang tercemar; disertai mual, namun jarang terjadi muntah. Sedangkan gejala penyakit muntah, biasanya ditandai oleh mual terjadi 0,5 jam - 6 jam setelah mengkonsumsi pangan yang tercemar, dan biasanya berlangsung kurang dari 24 jam; kadang-kadang disertai dengan kejang perut dan diare. Beberapa strain *B. subtilis* dan *B. licheniformis* juga dapat menyebabkan muntah karena dapat memproduksi toksin yang stabil terhadap panas seperti yang juga dihasilkan oleh *B. cereus*. Dosis infeksi *B. cereus* adalah $> 10^5$ /g. Jika jumlah *B. cereus* dalam pangan lebih besar dari 10^6 koloni/g mengindikasikan perkembangbiakan dan pertumbuhan *B. cereus* tersebut aktif dan dapat berisiko terhadap kesehatan.



Analisis Mikrobiologi

Fokus pada keamanan konsumsi terkait bakteri dan jamur.

- **TPC (Total Plate Count):** Menghitung jumlah mikroba keseluruhan dalam sampel.
- **Uji Patogen:** Pencarian spesifik bakteri berbahaya seperti *Salmonella*, *E. coli*, atau *Listeria*.
- **PCR (Polymerase Chain Reaction):** Digunakan untuk deteksi DNA, seperti memastikan apakah daging sapi tercampur daging lain atau mendeteksi GMO (organisme transgenik).



Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

Metode ini paling sering digunakan untuk analisis logam dalam pangan.

Prinsip

Atom logam dalam sampel menyerap cahaya pada **panjang gelombang tertentu**. Besarnya serapan cahaya sebanding dengan konsentrasi logam dalam sampel.



Logam yang bisa dianalisis

- ❖ Timbal (Pb)
- ❖ Kadmium (Cd)
- ❖ Besi (Fe)
- ❖ Seng (Zn)
- ❖ Tembaga (Cu)

Kelebihan

- ❖ Sensitif
- ❖ Akurat
- ❖ Banyak digunakan dalam analisis pangan

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy)

➤ Prinsip

Sampel dipanaskan dalam plasma suhu sangat tinggi (± 10.000 K) sehingga atom logam memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu.

➤ Kelebihan

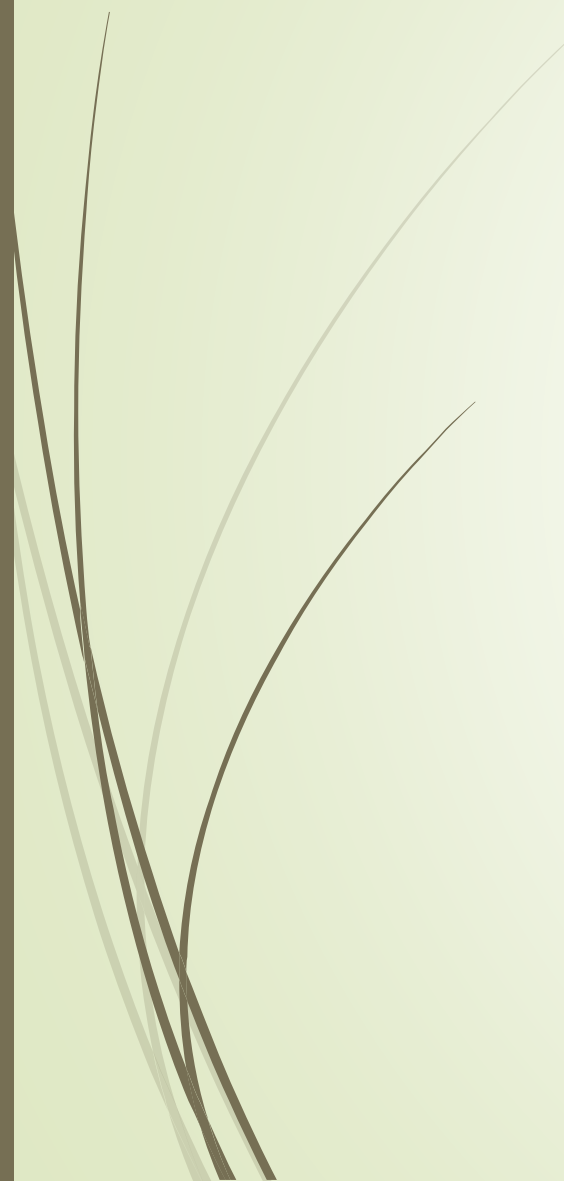
Dapat menganalisis banyak logam sekaligus

Sensitivitas tinggi

Waktu analisis cepat

Contoh logam yang dianalisis

Pb, Cd, Hg, As, Zn, Fe, Cu.



Metode	Fungsi
GC	Analisis pestisida yang mudah menguap
GC-MS	Identifikasi pestisida dengan akurat
HPLC	Pestisida yang tidak volatil
LC-MS/MS	Analisis multi-residu dengan sensitivitas tinggi
QuEChERS	Metode ekstraksi sampel pestisida



Kromatografi Gas (GC)

➤ Prinsip

Senyawa pestisida dipisahkan berdasarkan **volatilitas dan interaksi dengan fase kolom** dalam alat kromatografi gas.

Tahapan Analisis

- ❖ **Ekstraksi pestisida** dari sampel makanan (misalnya dengan pelarut organik).
- ❖ **Pemurnian (clean-up)** untuk menghilangkan zat pengganggu.
- ❖ Sampel dimasukkan ke alat GC.
- ❖ Pestisida dipisahkan dalam kolom dan dideteksi oleh detektor.

Detektor yang sering digunakan

- ❖ **ECD (Electron Capture Detector)** untuk pestisida organoklorin
- ❖ **FPD (Flame Photometric Detector)** untuk pestisida yang mengandung sulfur atau fosfor.



GC-MS (Gas Chromatography–Mass Spectrometry)

Prinsip

Gabungan **kromatografi gas dan spektrometri massa** untuk identifikasi pestisida yang lebih akurat.

Keunggulan

- ❖ Sensitivitas tinggi
- ❖ Dapat **mengidentifikasi jenis pestisida secara spesifik**
- ❖ Digunakan dalam analisis residu pestisida multi-residu



HPLC (High-Performance Liquid Chromatography)

Prinsip

Senyawa pestisida dipisahkan dalam fase cair menggunakan tekanan tinggi melalui kolom kromatografi.

Kelebihan

- ❖ Cocok untuk pestisida yang tidak mudah menguap atau tidak tahan panas
- ❖ Sensitivitas cukup tinggi



LC-MS/MS (Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry)

Prinsip

Gabungan kromatografi cair dan spektrometri massa untuk mendeteksi pestisida dengan sangat sensitif.

Kelebihan

- ❖ Dapat menganalisis **ratusan jenis pestisida sekaligus**
- ❖ Sensitivitas sangat tinggi (hingga level **ppb**)
- ❖ Metode ini banyak digunakan di laboratorium keamanan pangan modern.



Metode Ekstraksi QuEChERS

QuEChERS adalah metode **ekstraksi dan pemurnian sampel** sebelum analisis kromatografi.

Kepanjangan

❖ **Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe**



Tahapan

- Homogenisasi sampel makanan.
- Ekstraksi dengan asetonitril.
- Penambahan garam untuk pemisahan fase.
- Clean-up menggunakan sorben.
- Analisis dengan GC-MS atau LC-MS/MS.
- Metode ini sangat populer untuk analisis residu pestisida pada buah dan sayuran.



SEKIAN DAN TERIMA KASIH

