

SISTEM SANITASI DAN KEAMANAN PANGAN: TEORI DAN PRAKTIK DI INDUSTRI



Penulis :

**Zurni Nurman, Monika Rahardjo, Puji Sugeng Ariadi,
Abd. Syukur Lumbessy, Karina Bianca Lewerissa,
Jamil Anshory**

SISTEM SANITASI DAN KEAMANAN PANGAN: TEORI DAN PRAKTIK DI INDUSTRI

**Zurni Nurman
Monika Rahardjo
Puji Sugeng Ariadi
Abd. Syukur Lumbessy
Karina Bianca Lewerissa
Jamil Anshory**



GET PRESS INDONESIA

SISTEM SANITASI DAN KEAMANAN PANGAN: TEORI DAN PRAKTIK DI INDUSTRI

Penulis :

Zurni Nurman
Monika Rahardjo
Puji Sugeng Ariadi
Abd. Syukur Lumbessy
Karina Bianca Lewerissa
Jamil Anshory

ISBN : 978-623-125-323-1

Editor : Mila Sari., S.ST., M.Si

Penyunting : Rantika Maida Sahara., S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Sistem Sanitasi Dan Keamanan Pangan: Teori Dan Praktik Di Industri ini.

Buku Ini Membahas Pengantar Sanitasi Dan Keamanan Pangan, Bahaya Kontaminasi Pangan, Sistem Sanitasi Industri Pangan, Mikrobiologi Pangan, Pengendalian Kontaminasi Mikroba, Manajemen Halal.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 PENGANTAR SANITASI DAN KEAMANAN PANGAN.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Definisi dan Ruang Lingkup Sanitasi dan Keamanan Pangan dalam Industri Pengolahan Pangan.....	1
1.2.1 Definisi Sanitasi.....	1
1.2.2 Definisi Keamanan Pangan	2
1.2.3 Ruang Lingkup Sanitasi dan Keamanan Pangan dalam Industri Pengolahan Pangan	2
1.3 Peran Penting Sanitasi dalam Menjaga Keamanan Produk Pangan.....	7
1.4 Implementasi Sanitasi di Industri Pengolahan Pangan.....	8
DAFTAR PUSTAKA	10
BAB 2 BAHAYA KONTAMINASI PANGAN	11
2.1 Pendahuluan.....	11
2.2 Keamanan Pangan dan Jenis-Jenis Bahaya Kontaminasi Pangan.....	13
2.3 Strategi Pengendalian Risiko Kontaminasi Pangan.....	17
DAFTAR PUSTAKA	21
BAB 3 SISTEM SANITASI INDUSTRI PANGAN.....	25
3.1 Pendahuluan.....	25
3.2 Perencanaan Prosedur Pengendalian Sanitasi atau <i>Sanitation Standard Operating Prosedure</i> (SSOP).....	26
3.3 Kondisi Sanitasi Utama atau Kunci Persyaratan Sanitasi.....	26
DAFTAR PUSTAKA	38
BAB 4 MIKROBIOLOGI PANGAN	39
4.1 Pendahuluan.....	39

4.1.1 Pentingnya Mikrobiologi Pangan dalam Industri Pangan	40
4.2 Jenis – Jenis Mikroorganisme dalam Pangan	41
4.2.1 Bakteri	42
4.2.2 Kapang.....	42
4.2.3 Khamir	43
4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme dalam Pangan.....	43
4.3.1 Faktor intrinsic	44
4.3.2 Faktor ekstrinsik.....	45
4.4 Pencemaran Mikrobiologi pada Pangan	45
4.4.1 Sumber - Sumber Pencemaran Pangan oleh Mikroorganisme.....	47
4.4.2 Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Mikrobiologi pada pangan	48
4.5 Analisis Mikrobiologi dalam Pangan	50
4.6 Pengawetan Pangan Secara Mikrobiologi.....	51
4.6.1 Pengawetan Pangan dengan Menggunakan Suhu..	52
4.6.2 Pengawetan dengan Pemanasan	52
4.6.3 Pengawetan dengan Pendinginan	53
4.6.4 Pengawetan dengan Pembekuan.....	54
4.6.5 Pengawetan dengan Bahan Kimia.....	54
4.7 Mikroorganisme dalam Pengolahan Pangan	58
4.7.1 Fermentasi Pangan.....	58
4.7.2 Produksi Metabolit Sekunder	59
4.7.3 Probiotik dan Prebiotik	60
4.8 Regulasi dan Standar Mikrobiologi Pangan.....	62
4.8.1 Keamanan pangan dan HACCP (<i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>).....	63
4.8.2 Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan	66
4.8.3 Penanganan dan Penyimpanan Pangan.....	67
4.8.4 Pengembangan Produk Pangan Baru.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
BAB 5 PENGENDALIAN KONTAMINASI MIKROBA	77
5.1 Pendahuluan	77
5.2 Kontaminasi Makanan	77

5.2.1 Mekanisme penyakit bawaan makanan oleh mikroba.....	79
5.3 Faktor Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Mikroba	80
5.3.1. Suhu.....	80
5.3.2 Kelembaban	80
5.3.3 pH.....	80
5.3.4 Oksigen	81
5.3.5 Potensial Redoks	81
5.4 Pengendalian Kontaminan Mikroba.....	81
5.4.1 Pengendalian Dengan Suhu	81
5.4.2 Pengendalian Dengan Teknik Filtrasi	83
5.4.3 Pengendalian dengan Radiasi.....	84
5.5 Metode Pengendalian Kimia	85
5.6 Praktik Higienetas	86
5.6.1 Kebersihan Personil.....	86
5.6.2 Kebersihan Peralatan Dan Lingkungan	87
5.6.3 Pencegahan Kontaminasi Silang.....	87
5.6.4 Higienitas Pangan Hewan	87
5.6.5 Keamanan bahan baku.....	87
5.7 Penutup	87
DAFTAR PUSTAKA	88
BAB 6 MANAJEMEN HALAL	91
6.1 Pendahuluan.....	91
6.2 Prinsip-prinsip manajemen halal dalam industri pangan.....	92
6.2.1 Pemilihan Bahan Baku yang Halal dan Thoyyib	93
6.2.2 Proses Produksi yang Higienis.....	93
6.2.3 Praktik Kerja yang Sesuai dengan Nilai-nilai Islam	95
6.2.5 Pemeliharaan Integritas Produksi.....	95
6.3 Sertifikasi halal dan penerapannya dalam produksi pangan.....	96
6.3.1 Pengertian Sertifikasi Halal.....	96
6.3.2 Proses Sertifikasi Halal	98
6.3.3 Kriteria Halal	102
6.3.4 Peran Lembaga Sertifikasi Halal	102

6.3.5 Implikasi dan Tantangan	103
6.3.6 Penerapan dalam Produksi Pangan	104
6.3.7 Keuntungan Bisnis.....	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Lima Urutan Utama Mikroba Penyebab Penyakit, Rawat Inap, Dan Kematian Akibat Penyakit Bawaan Makanan	78
Tabel 5.2. Jenis Sinar Dan Karakterisasi Penyinaran	84
Tabel 6.1. Perbedaan antara sertifikat halal <i>Self Declare</i> dan sertifikat halal reguler.	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. Alur Sertifikasi Halal Self Declare	99
Gambar 6.2. Alur Sertifikasi Halal Reguler	100

BAB 1

PENGANTAR SANITASI DAN KEAMANAN PANGAN

Oleh Zurni Nurman

1.1 Pendahuluan

Industri pengolahan pangan memegang peranan penting dalam menyediakan produk pangan yang aman dan berkualitas bagi konsumen. Sanitasi dan keamanan pangan merupakan aspek yang tidak bisa diabaikan dalam proses produksi pangan. Kegagalan dalam menjaga standar sanitasi dan keamanan pangan dapat berakibat fatal, termasuk terjadinya wabah penyakit dan kerugian ekonomi yang besar.

Sanitasi yang baik dan manajemen keamanan pangan yang efektif memastikan bahwa produk pangan yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi. Hal ini tidak hanya melindungi kesehatan konsumen tetapi juga meningkatkan kepercayaan terhadap produk dan brand perusahaan.

1.2 Definisi dan Ruang Lingkup Sanitasi dan Keamanan Pangan dalam Industri Pengolahan Pangan

1.2.1 Definisi Sanitasi

Sanitasi pangan adalah upaya untuk menciptakan dan mempertahankan kondisi pangan yang sehat dan higienis yang bebas dari bahaya cemaran biologis, kimia dan benda lain (PP RI NO. 86, 2019). Sanitasi dalam industri pengolahan pangan merujuk pada serangkaian tindakan dan prosedur yang diterapkan untuk menjaga kebersihan dan memastikan bahwa lingkungan, peralatan, dan personel yang terlibat dalam produksi pangan bebas dari kontaminasi. Sanitasi yang efektif bertujuan untuk mencegah kontaminasi biologis, kimia dan fisik yang dapat membahayakan kesehatan konsumen dan mengurangi kualitas produk pangan.

Menurut Codex Alimentarius, sanitasi mencakup semua tindakan yang diperlukan untuk memastikan bahwa pangan tidak terkontaminasi oleh agen-agen yang dapat menyebabkan penyakit atau mengurangi kualitas pangan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga menyatakan bahwa sanitasi melibatkan pengendalian faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia melalui makanan.

1.2.2 Definisi Keamanan Pangan

Keamanan pangan mengacu pada upaya dan langkah-langkah yang diambil untuk memastikan bahwa semua aspek produksi, pengolahan, penyimpanan dan distribusi pangan dilakukan dengan cara yang mencegah kontaminasi, penyakit dan bahaya lain yang dapat memengaruhi kesehatan konsumen. Ini termasuk pengelolaan risiko terkait dengan mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya dan kontaminan fisik. Keamanan pangan menurut PP RI No. 86, 2019 adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman dikonsumsi.

Menurut ISO 22000:2018, keamanan pangan didefinisikan sebagai jaminan bahwa pangan tidak akan menyebabkan kerugian bagi konsumen bila disiapkan dan/atau dikonsumsi sesuai dengan penggunaan yang dimaksudkan. Keamanan pangan adalah elemen kunci dalam sistem manajemen pangan yang melibatkan penerapan prosedur operasional standar, program prasyarat, dan analisis bahaya serta titik kontrol kritis (HACCP) untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko.

1.2.3 Ruang Lingkup Sanitasi dan Keamanan Pangan dalam Industri Pengolahan Pangan

A. Ruang Lingkup Sanitasi dalam Industri Pengolahan Pangan

Sanitasi dalam industri pengolahan pangan mencakup berbagai tindakan dan prosedur yang dirancang untuk

memastikan kebersihan dan mencegah kontaminasi. Ruang lingkup sanitasi meliputi :

1. Kebersihan Pribadi Kerja

Pekerja harus menjaga kebersihan diri, termasuk :

a. Mencuci tangan

Pekerja harus mencuci tangan secara rutin terutama setelah menggunakan toilet, sebelum memulai pekerjaan, dan setelah kontak dengan bahan mentah atau benda kotor. Penggunaan sabun dan air mengalir atau disinfektan tangan berbasis alkohol sangat dianjurkan.

b. Pakaian pelindung

Pekerja harus menggunakan pakaian pelindung seperti apron, sarung tangan dan penutup kepala untuk mencegah kontaminasi. Pakaian kerja harus diganti secara berkala dan selalu dalam keadaan bersih.

c. Pelatihan kebersihan

Pekerja harus diberi pelatihan rutin tentang praktik kebersihan yang baik dan pentingnya sanitasi. Pelatihan ini mencakup teknik mencuci tangan, cara menggunakan alat pelindung diri dan prosedur kebersihan lainnya

Menurut WHO, kebersihan pribadi adalah langkah penting dalam mencegah kontaminasi silang dari pekerja ke produk pangan.

2. Kebersihan Fasilitas dan Peralatan

Fasilitas dan peralatan yang bersih adalah kunci dalam menjaga kebersihan dan keamanan produk pangan. Langkah-langkah yang harus diambil termasuk :

a. Pembersihan dan Disinfektan Rutin

Semua area produksi dan peralatan harus dibersihkan dan didisinfeksi secara rutin sesuai jadwal yang telah ditentukan. Pembersihan ini melibatkan pengangkatan kotoran fisik, residu makanan dan mikroorganisme dari permukaan.

b. Desain fasilitas yang higienis

Fasilitas harus dirancang untuk memudahkan pembersihan dan menghindari penumpukan kotoran. Contohnya permukaan meja harus halus dan tidak berpori, dan sudut ruangan harus melengkung untuk memudahkan pembersihan.

c. Pemeliharaan Peralatan

Peralatan harus diperiksa secara berkala dan dipelihara untuk tetap dalam kondisi baik dan tidak menjadi sumber kontaminasi. Pemeliharaan yang baik juga membantu memperpanjang umur peralatan.

Codex Alimentarius menekankan bahwa lingkungan kerja yang bersih sangat penting untuk mencegah kontaminasi.

3. Kontrol Hama

Pengendalian hama adalah bagian penting dari sanitasi dalam industri pangan. Hama seperti tikus, serangga, dan burung dapat membawa penyakit dan kontaminasi ke produk pangan. Langkah-langkah kontrol hama meliputi :

a. Inspeksi rutin

Melakukan inspeksi rutin untuk mendeteksi tanda-tanda keberadaan hama. Inspeksi ini harus mencakup seluruh area produksi, penyimpanan dan fasilitas pendukung lainnya.

b. Penggunaan jebakan dan umpan

Menempatkan jebakan dan umpan dilokasi strategi untuk menangkap dan membasmi hama. Jebakan harus diperiksa dan dipelihara secara rutin untuk efektivitasnya.

c. Penyegehan celah dan lubang

Menutup celah dan lubang yang bisa menjadi akses masuk bagi hama ke dalam fasilitas produk. Ini termasuk menutup pintu dan jendela dengan rapat serta memasang kawat kasa diventilasi.

4. Pengelolaan Limbah

Limbah produksi harus dikelola dengan baik untuk mencegah kontaminasi lingkungan dan produk pangan. Pengelolaan limbah meliputi :

a. Pemilahan limbah

Memisahkan limbah organik dan anorganik serta limbah berbahaya sesuai dengan jenisnya. Pemisahan ini membantu dalam proses pengolahan dan pembuangan yang aman dan efisien.

b. Pembuangan yang tepat

Limbah harus dibuang dengan cara yang sesuai dengan peraturan lingkungan yang berlaku. Limbah organik dapat diolah menjadi kompos, sedangkan limbah anorganik harus didaur ulang atau dibuang ke tempat pembuangan yang aman.

c. Pengolahan limbah

Limbah yang dapat didaur ulang harus diproses dengan cara yang sesuai dan limbah berbahaya harus dikelola dengan hati-hati untuk mencegah dampak negatif pada lingkungan. Pengolahan limbah berbahaya harus mengikuti pedoman yang ditetapkan oleh otoritas lingkungan setempat.

B. Ruang Lingkup Keamanan Pangan dalam Industri Pengolahan Pangan

1. Ruang Lingkup

Keamanan pangan mencakup semua langkah yang dilakukan agar pangan aman dikonsumsi dan bebas dari bahaya kontaminasi. Ruang lingkup keamanan pangan meliputi :

a. Pemilihan dan Pengawasan Bahan Baku

Bahan baku harus dipilih dan diawasi dengan ketat supaya bebas dari kontaminasi biologis, kimia dan fisik. ISO 22000 menekankan pentingnya pengawasan bahan baku sebagai bagian dari sistem manajemen keamanan pangan.

- b. Pengendalian Proses Produksi
Setiap tahap dalam proses produksi harus dikendalikan untuk mencegah kontaminasi, mencakup penerapan prosedur operasional standar (SOP) dan prinsip-prinsip *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP).
- c. Pelatihan dan Pendidikan Pekerja
Pekerja harus dilatih secara terus menerus mengenai praktik keamanan pangan dan pentingnya menjaga kebersihan selama proses produksi. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan kompetensi pekerja dalam mengelola risiko keamanan pangan.
- d. Penyimpanan dan Distribusi yang Aman
Pangan harus disimpan dan didistribusikan dalam kondisi mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas produk, termasuk kontrol suhu, kelembaban, dan kebersihan selama penyimpanan dan transportasi.
- e. Pemantauan dan Verifikasi
Implementasi keamanan pangan harus dipantau dan diverifikasi secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap standar yang ditetapkan. Audit internal dan eksternal merupakan bagian penting dari proses ini.

2. Faktor-faktor yang Memengaruhi Keamanan Pangan

Selain ruang lingkup ada beberapa faktor-faktor yang memengaruhi keamanan pangan yaitu:

- a. Bahan Baku
Kualitas dan sumber bahan baku sangat memengaruhi keamanan produk akhir.
- b. Proses Produksi
Setiap tahap produksi harus mematuhi standar keamanan pangan untuk mencegah kontaminasi.

- c. Lingkungan produksi
Lingkungan yang bersih dan terkontrol sangat penting dalam menjaga keamanan pangan.
- d. Pengawasan dan Pemantauan
Pemantauan rutin dan pengujian laboratorium membantu dalam mendeteksi dan mengatasi potensi risiko keamanan pangan.

1.3 Peran Penting Sanitasi dalam Menjaga Keamanan Produk Pangan

Sanitasi memegang peranan penting dalam produk pangan yang dihasilkan agar aman dikonsumsi. Beberapa peran penting sanitasi dalam menjaga keamanan produk pangan :

1. Mencegah Kontaminasi Mikroba
Salah satu tujuan utama sanitasi adalah mencegah kontaminasi mikroba pada produk pangan. Mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan jamur dapat menyebabkan penyakit bawaan makanan yang serius. Prosedur sanitasi yang tepat seperti pembersihan dan disinfeksi rutin peralatan dan lingkungan produksi, membantu menghilangkan mikroorganisme dan mencegah pencemaran produk pangan.
2. Mengurangi Risiko Kontaminasi Silang
Kontaminasi silang terjadi ketika patogen berpindah dari satu tempat atau benda ke benda lain, misalnya dari permukaan kerja atau peralatan yang kotor ke produk pangan. Risiko kontaminasi silang dapat diminimalkan dengan praktik sanitasi yang baik, termasuk penggunaan alat pelindung diri oleh pekerja dan pemisahan yang jelas antara area yang bersih dan kotor dalam fasilitas produk.
3. Menjaga Kualitas Produk
Sanitasi yang baik tidak hanya penting untuk keamanan pangan, tapi juga untuk menjaga kualitas produk. Residu bahan baku, kotoran dan kontaminan lainnya yang tidak dibersihkan dapat memengaruhi rasa, bau, dan penampilan produk akhir. Kualitas dan konsistensi produk dapat dijaga

dan dipertahankan dengan menjaga kebersihan peralatan serta fasilitas.

4. Memenuhi Persyaratan Regulasi

Industri pangan diatur oleh berbagai standar dan regulasi yang mengharuskan penerapan sanitasi yang ketat. Persyaratan yang dipenuhi adalah wajib mendapatkan izin operasional dan menghindari sanksi dari otoritas pengawas.

5. Meningkatkan Kepercayaan Konsumen

Konsumen semakin sadar akan pentingnya keamanan pangan dan cenderung memilih produk dari produsen yang dipercayai dalam menerapkan praktik sanitasi yang baik. Perusahaan dapat menunjukkan komitmen terhadap sanitasi dan keamanan pangan, sehingga meningkatnya kepercayaan konsumen dan membangun reputasi yang baik dipasar.

1.4 Implementasi Sanitasi di Industri Pengolahan Pangan

Implementasi sanitasi yang efektif memerlukan pendekatan sistematis yang mencakup seluruh aspek proses produksi, dari penerimaan bahan baku hingga produk akhir. Beberapa langkah meliputi :

1. Pembuatan SOP (*Standard Operating Procedures*)

Standar Operasional Prosedur (SOP) harus dibuat untuk setiap proses pembersihan dan disinfeksi. SOP ini harus rinci dan mencakup frekuensi pembersihan, jenis bahan kimia yang digunakan, metode pembersihan dan langkah-langkah keamanan.

2. Pelatihan dan kesadaran pekerja

Semua pekerja harus dilatih mengenai pentingnya sanitasi dan cara-cara melakukannya dengan benar. Pelatihan harus dilakukan secara rutin dan diperbarui sesuai dengan perkembangan teknologi dan peraturan terbaru.

3. Pemantauan dan Evaluasi

Implementasi sanitasi harus dipantau secara terus menerus dan dievaluasi secara berkala. Audit internal dan eksternal

harus dilakukan untuk kepatuhan terhadap standar sanitasi yang telah ditetapkan.

4. Penggunaan Teknologi Modern

Teknologi modern seperti pembersihan dengan uap, penggunaan sinar UV, dan sistem pembersihan otomatis dapat meningkatkan efektivitas sanitasi. Penggunaan teknologi ini harus disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis produk yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Codex Alimentarius. 2019. General principles of food hygiene.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Good practices for the feed industry—Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding.
- Forsythe, S. J. 2010. The Microbiology of Safe Food. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Government of Indonesia. 2018. Regulasi tentang Keamanan Pangan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- ISO. 2018. ISO 22000:2018 Food safety management systems—Requirements for any organization in the food chain. Geneva: International Organization for Standardization.
- Luning, P. A., & Marcelis, W. J. 2009. Food quality management: Technological and managerial principles and practices. Wageningen Academic Publishers.
- McLauchlin, J., & Little, C. L. 2007. Microbiological safety of ready-to-eat foods: The United Kingdom perspective. *Food Control*, 18(4), 260-265.
- Montville, T. J., Matthews, K. R., & Kniel, K. E. 2012. Food Microbiology: An Introduction. 3rd ed. Washington, D.C.: ASM Press.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan.
- Scott, V. N., & Stevenson, K. E. (2006). HACCP: A Systematic Approach to Food Safety. 4th ed. Washington, D.C.: Food Products Association.
- Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. 2004. Shelf life and safety concerns of bakery products—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), 19-55.
- Sperber, W. H., & Stier, R. F. 2009. Happy 50th birthday to HACCP: Retrospective and prospective. *Food Control*, 20(6), 823-830.
- World Health Organization. 2020. Food safety.

BAB 2

BAHAYA KONTAMINASI PANGAN

Oleh Monika Rahardjo

2.1 Pendahuluan

Keamanan pangan merupakan masalah global yang berdampak pada banyak hal dalam kehidupan sehari-hari. Mengidentifikasi sumber polutan dalam produksi dan pengolahan pangan dan menetapkan praktik produksi yang tepat sangat penting untuk menjaga kesehatan konsumen. Untuk mencegah kontaminasi makanan di setiap tingkat rantai makanan, mulai dari hulu hingga hilir, berbagai sumber daya harus digunakan untuk mencegahnya. Meskipun faktor-faktor yang membahayakan keamanan pangan tampak mudah untuk dikendalikan secara teori, penelitian dan praktik saat ini menunjukkan bahwa masih ada jalan panjang yang harus ditempuh untuk mengendalikannya secara praktik. Terlepas dari pentingnya mengedukasi konsumen tentang keamanan pangan, lebih banyak konsumen yang menginginkan makanan yang lebih aman. Menetapkan peraturan dan standar keamanan pangan akan mencakup peningkatan masukan dari seluruh industri makanan.

Keamanan pangan dianggap sebagai masalah kesehatan masyarakat secara umum. Keamanan pangan membutuhkan pendekatan yang mencakup seluruh proses, mulai dari produksi hingga konsumsi. Cakupannya antara lain mulai dari produksi pertanian, pengolahan, distribusi, penyimpanan, pemilihan, persiapan, hingga konsumsi. Sebagai hasilnya, disiplin ilmu ini mendefinisikan rantai nilai makanan sedemikian rupa sehingga keracunan makanan dapat dihindari. Pemerintah mengakui kewajiban mereka untuk menciptakan sistem pengawasan pangan nasional yang kuat untuk menanggapi kasus peningkatan terjadinya penjangkitan penyakit yang ditularkan lewat makanan setiap tahunnya (Scott, 2003). Memastikan keamanan pangan dari lahan pertanian hingga ke meja makan (*farm to table*), hal ini biasanya

memerlukan penggabungan antara pendekatan peraturan yang diamanatkan dengan tindakan pencegahan dan edukasi.

Banyak negara di seluruh dunia akhirnya menjadi semakin bergantung pada ketersediaan dan keamanan pasokan makanan mereka. Akibatnya, keamanan pangan menjadi semakin penting bagi masyarakat di seluruh dunia. Produksi pangan harus dilakukan dengan benar untuk mengoptimalkan kesehatan masyarakat dan kebermanfaatannya untuk lingkungan. Keamanan pangan berkaitan dengan menghindari agen mikrobiologi dan kimia berbahaya masuk, tumbuh, atau bertahan dalam rantai pasokan makanan (Uyttendaele et al., 2015). Oleh karena itu, keamanan dan kualitas pangan menjadi isu utama yang perlu diperhatikan secara global, terutama dalam hal kualitas gizi dan kesehatan manusia. Tujuan dari bab ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keamanan pangan, tantangan saat ini, dan pendekatan intervensi penyakit yang ditularkan melalui makanan yang efektif dan digunakan untuk mengatur industri makanan, menjaga kesehatan konsumen, dan memastikan keamanan konsumen.

Banyak pertanyaan muncul karena perhatian publik terhadap wabah penyakit bawaan makanan (*foodborne-illness*). Mengapa kontaminan tidak ditemukan sebelum menyebabkan penyakit pada konsumen? Masalahnya adalah tidak ada banyak pengujian yang dapat memastikan bahwa kontaminasi yang tidak disengaja atau disengaja tidak ada dalam makanan (Yasuda, 2015). Penyakit bawaan makanan tercatat telah mematikan ribuan orang setiap tahun dan menimpa jutaan orang di seluruh dunia. Meskipun banyak penyakit bawaan makanan yang dapat dihindari, hal ini merupakan masalah yang merugikan masyarakat dan juga perekonomian. Peningkatan keamanan pangan yang berkelanjutan dapat memberikan keuntungan sosial dan ekonomi selain itu juga dapat menurunkan risiko penyakit bawaan makanan. Penerapan keamanan pangan juga berfungsi untuk memastikan keamanan pasokan makanan *farm to table* sehingga meningkatkan kepercayaan konsumen dan sebagai hasilnya, kesehatan masyarakat menjadi lebih baik.

Sebagai tindakan pencegahan makanan tercemar dan menyebabkan penyakit, terdapat undang-undang yang mengatur keamanan pangan. Ada beberapa cara untuk melakukan hal ini, beberapa di antaranya adalah:

1. Permukaan peralatan dan perkakas harus dibersihkan dan disanitasi secara menyeluruh.
2. Menjaga kebersihan diri, terutama dalam hal mencuci tangan.
3. Menjaga makanan tetap dalam kondisi dingin, dipanaskan, dan disimpan sesuai dengan peralatan, lingkungan, dan suhunya.
4. Menerapkan manajemen pengontrolan hama yang efektif.
5. Paham mengenai alergi makanan, intoleransi makanan, dan keracunan makanan.

Sistem keamanan pangan konvensional yang berbasis risiko menggunakan strategi pencegahan yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data secara proaktif untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya dan faktor risiko dengan lebih baik, merencanakan dan mengevaluasi penanganan, serta memprioritaskan upaya pencegahan (Chapman & Gunter, 2018).

2.2 Keamanan Pangan dan Jenis-Jenis Bahaya Kontaminasi Pangan

Kontaminasi pangan terjadi ketika sesuatu yang seharusnya tidak ada masuk dan mencemari makanan kemudian membuatnya berbahaya untuk dikonsumsi. Kontaminasi pangan dapat disebabkan oleh berbagai macam risiko keamanan pangan, namun sebagian besar termasuk ke dalam salah satu dari tiga kategori berikut ini: kontaminasi biologis, fisik, atau kimiawi. Satu risiko tunggal sering kali dapat menyebabkan beberapa jenis kontaminasi pangan (Sadiku et al., 2020). Penyakit bawaan makanan dapat disebabkan oleh banyak agen atau bahaya yang berbeda, di mana dalam terminologi analisis risiko, bahaya-bahaya ini dikategorikan sebagai berikut:

1. Bahaya kontaminasi biologis

Kontaminasi biologis terjadi ketika organisme hidup atau senyawa yang mereka ciptakan menginfeksi makanan, termasuk bahan biologis yang dibuat oleh manusia, hewan pengerat, serangga, dan bakteri. Pembusukan makanan dan sisa makanan sering kali disebabkan oleh kontaminasi biologis, yang merupakan sumber utama penyakit bawaan makanan dan keracunan makanan. Jenis-jenis kontaminan biologis dalam makanan dapat mencakup bakteri, jamur, virus, dan produk sampingannya yang beracun, seperti mikotoksin (Abdolshahi et al., 2020). Kontaminan ini dapat memasuki rantai pasokan makanan pada berbagai tahap, mulai dari produksi bahan mentah hingga konsumsi akhir, melalui kontak dengan air, udara, tanah, dan lingkungan pemrosesan makanan yang tercemar (K. Wang et al., 2022). Kehadiran kontaminan biologis dalam makanan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk penggunaan bahan kimia pertanian, pencemaran lingkungan, kontaminasi silang selama pemrosesan, migrasi dari bahan pengemas, dan adanya racun alami atau bahan tambahan yang tidak disetujui (Di Stefano & Avellone, 2014). Selain itu, bakteri dan patogen lainnya tumbuh subur pada makanan yang lembab, tinggi protein atau pati, dan keasamannya netral.

Dengan mengikuti praktik terbaik untuk keamanan pangan, kita dapat membatasi perkembangan bakteri melalui keterampilan penanganan makanan yang memadai, proses higienitas dan sanitasi yang ketat, serta kontrol waktu dan suhu makanan untuk memperlambat pertumbuhan bakteri. Meningkatnya keinginan dan kebutuhan konsumen di negara maju untuk mengonsumsi buah dan sayuran segar ditambah dengan meluasnya distribusi produk secara global telah menyebabkan peningkatan patogen, wabah, dan insiden kontaminasi yang dilaporkan. Keberadaan patogen bawaan makanan dalam berbagai makanan merupakan masalah yang signifikan, karena dapat menyebabkan penyakit bawaan makanan (Law et al., 2014). Faktor-faktor seperti metode pengolahan makanan tradisional, penanganan makanan yang tidak tepat, suhu penyimpanan, dan kebersihan pribadi yang

buruk dari produsen makanan berkontribusi pada kontaminasi makanan di negara-negara berkembang, yang menimbulkan masalah kesehatan dan keselamatan yang signifikan (Legesse et al., 2017).

Untuk mengatasi kontaminasi biologis, berbagai metode telah dikembangkan untuk mendeteksi dan mengukur kontaminan yang berasal dari biologis dalam makanan. Metode-metode ini mencakup pendekatan berbasis nanoteknologi, biosensor elektrokimia, pencitraan hiperspektral, dan perangkat analisis berbasis kertas mikrofluida (Nam et al., 2022; Mantilla et al., 2017; Wang et al., 2022). Selain itu, agen pengendali hayati fungsional, seperti mikroba antagonis dan fungisida alami yang berasal dari tanaman, telah diusulkan untuk mengendalikan kontaminasi pada berbagai tahap produksi biji-bijian (Tian et al., 2016).

2. Bahaya Kontaminasi Fisik

Kontaminasi fisik makanan mengacu pada keberadaan benda asing dalam produk makanan, yang dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi konsumen. Kontaminan fisik dapat mencakup bahan-bahan seperti kaca, logam, plastik, batu, kayu, tanah dan bahkan rambut (Petersen et al., 2021). Kontaminan ini dapat masuk ke dalam rantai pasok makanan secara tidak sengaja selama berbagai tahap produksi, termasuk pemrosesan, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan (Amoras & Costa, 2020). Adanya kontaminan fisik dalam makanan dapat menyebabkan bahaya tersedak dan membahayakan konsumen. Selain itu, produksi makanan yang terpusat dapat menyebabkan kontaminasi yang meluas yang mempengaruhi sejumlah besar individu secara bersamaan.

Kontaminasi fisik makanan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk perilaku individu yang disengaja atau tidak disengaja, kegagalan pemerintah dalam menjaga kualitas dan keamanan makanan, perlakuan panas yang tidak memadai, penyimpanan makanan yang tidak tepat, dan kontaminasi silang (Fung et al., 2018). Selain itu, keberadaan mikotoksin dalam makanan dan pakan dapat menyebabkan kontaminasi makanan

dan menyebabkan efek toksisitas akut dan kronis pada manusia dan hewan (Ghamsari et al., 2021). Penting juga untuk dicatat bahwa kontaminasi makanan dapat terjadi karena adanya toksikan, kontaminasi bakteri, residu pestisida, dan bahaya fisik dan kimia yang dihasilkan selama pemrosesan makanan (Pan et al., 2020).

3. Bahaya Kontaminasi Kimiawi

Kontaminasi bahan kimia makanan mengacu pada keberadaan zat kimia yang tidak disengaja dalam makanan yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen. Kontaminasi ini dapat terjadi pada berbagai tahap proses produksi pangan, termasuk pencampuran bahan kimia, penggunaan pakan ternak yang terkontaminasi, dan masuknya bahan kimia secara tidak sengaja selama proses pengolahan, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan (Edris et al., 2020; Pan et al., 2020; Amoras & Costa, 2020). Kontaminan kimia dalam makanan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti pestisida, pupuk, logam berat (misalnya arsenik, timbal, merkuri), polutan industri, dan bahan pengemas makanan. Kontaminan ini dapat menyebabkan penyakit bawaan makanan dan menimbulkan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan, karena dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, mulai dari yang ringan hingga yang parah dan bahkan mengancam jiwa (Shin et al., 2023).

Kompleksitas dan panjangnya rantai makanan telah meningkatkan peluang terjadinya kontaminasi bahan kimia, sehingga menjadi perhatian utama bagi keselamatan publik. Selain itu, migrasi polutan kimia dari bahan kemasan ke makanan merupakan sumber kontaminasi makanan yang signifikan, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti karakteristik fisiokimia dari proses perpindahan, jenis bahan kemasan, dan jenis makanan. Selain itu, keberadaan kontaminan kimia dalam makanan dapat memiliki implikasi global, karena kontaminasi di satu lokasi dapat memengaruhi kesehatan konsumen di belahan dunia yang lain. Pemantauan analitik terhadap kontaminan kimia dan pemahaman formulasi serta

optimasi proses sangat penting untuk mengendalikan kontaminasi kimia pada makanan. Selain itu, ada kebutuhan akan langkah-langkah proaktif untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah keamanan pangan yang muncul, termasuk keberadaan kontaminan dalam produk makanan dan pakan, untuk memastikan langkah-langkah pengendalian kualitas dan keamanan.

2.3 Strategi Pengendalian Risiko Kontaminasi Pangan

Untuk mengendalikan risiko kontaminasi makanan, berbagai strategi telah diusulkan dalam berbagai literature penelitian. Langkah-langkah pencegahan seperti penanganan makanan yang aman, menjaga rantai dingin, pembersihan dan desinfeksi peralatan yang memadai, serta pencegahan kontaminasi silang di rumah dan dapur produksi telah direkomendasikan (Kadariya et al., 2014). Selain itu, langkah-langkah pencegahan kontaminasi aflatoxin pra dan pascapanen yang efektif sangat penting dalam memerangi bahaya yang terkait dengan kontaminasi aflatoxin pada makanan. Peraturan pun telah dibuat di banyak negara untuk mengendalikan kontaminasi makanan, termasuk batas maksimum spesifik untuk beberapa kontaminan untuk makanan yang berbeda dan referensi untuk metode pengambilan sampel dan metode analisis yang digunakan.

Tahapan pengolahan, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan makanan telah diidentifikasi sebagai kontributor yang signifikan terhadap kontaminasi makanan, sehingga menyoroti perlunya langkah-langkah pengendalian pada setiap tahap (Rather et al., 2017). Selain itu, mengkarakterisasi kontaminasi makanan anak dan faktor risikonya dapat membantu memprioritaskan intervensi untuk mengurangi penyakit bawaan makanan, terutama di daerah yang berpenghasilan rendah di mana penyakit akibat kontaminasi makanan lebih tinggi terjadi. Negara-negara maju telah mengalihkan fokus keamanan pangan dari menyelidiki penyebab penyakit bawaan makanan setelah kejadian menjadi deteksi proaktif dan pencegahan kontaminasi makanan (Pei et al., 2015).

Selain itu, penghalang fisik dan kimiawi untuk mencegah kontaminasi mikroba pada makanan telah diteliti supaya dapat menghalangi atau mengurangi perpindahan patogen ke permukaan makanan, misalkan dari tangan pekerja pengolah makanan, kontaminasi silang dari makanan lain, atau dari lingkungan (Todd et al., 2010). Mencuci tangan telah ditekankan sebagai hal yang sangat penting untuk mencegah kontaminasi makanan dan air, diperkirakan dapat mencegah 47% risiko penyakit diare (Barnes et al., 2018). Selain itu, penggunaan inhibitor dan zat bioaktif alami telah menunjukkan potensi besar untuk mengendalikan kontaminasi aflatoksin, menawarkan pendekatan baru untuk memerangi kontaminasi aflatoksin (Tian & Chun, 2017).

Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) merupakan program keamanan pangan yang diakui secara global yang bertujuan untuk meminimalkan atau menghilangkan risiko kontaminasi dan memastikan keamanan pangan. Program ini melibatkan identifikasi, penilaian, dan pengendalian bahaya biologis, kimiawi, dan fisik dalam produksi, pemrosesan, distribusi, dan konsumsi makanan (Wang et al., 2010). Sistem ini didasarkan pada prinsip-prinsip teknis dan ilmiah, menggunakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi bahaya spesifik dan langkah-langkah untuk pengendalian atau pencegahannya. HACCP dirancang untuk mengendalikan bahaya yang terkait langsung dengan proses makanan, seperti penyimpanan dan persiapan, dan bertujuan untuk mencegah dan mengelola risiko fisik, kimia, dan biologis dalam pemrosesan dan distribusi makanan. Penerapan HACCP melibatkan serangkaian langkah, termasuk diagnosis prasyarat, penerapan praktik produksi yang baik, prosedur operasi standar sanitasi, pelatihan penjamah makanan, dan analisis bahaya aktual serta identifikasi titik kontrol kritis (Cusato et al., 2012). Penerapan HACCP yang baik dapat secara efisien mencegah kontaminasi makanan karena berfokus pada pengurangan bahaya yang paling mungkin terjadi dan paling efektif dikendalikan sehingga bisa mendorong penggunaan sumber daya yang efisien dalam pengendalian bahaya. Penerapan HACCP yang efektif mengharuskan produsen makanan menerapkan prosedur untuk memverifikasi apakah sistem HACCP bekerja dengan baik.

Selain itu, HACCP tidak hanya merupakan sistem kontrol tetapi juga sistem pencegahan yang bertujuan untuk memastikan keamanan pangan dengan mengidentifikasi bahaya spesifik dari kontaminasi mikroba, kimia, dan fisik. Pencegahan penting dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kontaminasi makanan dan melindungi kesehatan konsumen dari kontaminan kimiawi, zat aditif, mikotoksin, dan zat-zat yang berpotensi berbahaya lainnya. Sistem ini juga meningkatkan keterlibatan pengolah makanan dalam memahami dan memastikan keamanan pangan. Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*) telah mengindikasikan pentingnya prinsip-prinsip HACCP untuk pencegahan penyakit yang ditularkan melalui makanan (Trafiałek & Kolanowski, 2017). Selain itu, Badan Pengawas Makanan dan Obat-Obatan di Amerika Serikat (*Food and Drug Administration*) menganggap HACCP sebagai pendekatan sistematis berbasis sains untuk pencegahan masalah keamanan pangan.

GMP (*Good Manufacturing Practices*) atau dikenal juga dengan Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (CPPOB) juga memainkan peran penting dalam mencegah kontaminasi makanan dengan memastikan penerapan pedoman dan standar yang ketat dalam pengolahan dan pembuatan makanan. GMP merupakan bagian dari sistem HACCP yang bertujuan untuk mencegah bahaya keamanan pangan yang disebabkan oleh faktor biologis, fisik, dan kimiawi pada proses produksi. Penerapan GMP memastikan terciptanya dan terpeliharanya kondisi produksi yang baik, yang pada akhirnya meningkatkan keamanan produk akhir. Selain GMP, terdapat juga pendekatan pencegahan kontaminasi makanan seperti *Good Agricultural Practices* (GAP) dan *Good Hygiene Practices* (GHP). Penerapan sistem manajemen keamanan pangan yang tepat, termasuk GMP, GAP, dan GHP, disorot sebagai tujuan utama bagi produsen untuk mencegah kontaminasi.

SSOP (*Sanitation Standard Operating Procedure*), atau Prosedur Operasi Standar Sanitasi, memainkan peran penting dalam meminimalkan kontaminasi makanan dengan mencegah kontaminasi sebelum panen, mengendalikan masalah mikroba yang muncul, dan memastikan keamanan produk makanan. SSOP adalah

alat penting untuk sistem manajemen keamanan pangan, seperti *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) dan *Good Agricultural Practice* (GAP) (Park et al., 2018). SSOP berfokus pada pencegahan kontaminasi silang, memastikan perlindungan pangan, dan pelabelan yang tepat, yang merupakan aspek penting dalam menjaga keamanan pangan. SSOP juga berkontribusi dalam menjaga kualitas produk pangan dan memenuhi jaminan keamanan pangan sesuai standar. Dalam konteks produksi pangan, SSOP dan tata letak proses produksi sangat penting untuk memastikan kepatuhan terhadap standar dan keamanan pangan.

Selain itu, SSOP melibatkan biaya yang berkaitan dengan pengembangan, validasi, dan penilaian ulang HACCP, pelatihan keamanan pangan, peralatan antimikroba, peralatan sanitasi, audit pihak ketiga, dan tes mikrobiologi, yang merupakan investasi penting dalam memastikan keamanan pangan (Viator et al., 2017). Penerapan SSOP sangat penting untuk keberhasilan penerapan Cara Pembuatan Makanan yang Baik (GMP) dan HACCP, karena sistem ini sangat penting untuk keamanan pangan di tingkat pengolahan. Selain itu, SSOP sangat penting untuk mencegah kontaminasi mikrobiologi pada makanan, karena SSOP mencakup prosedur untuk membersihkan dan mendisinfeksi peralatan dan mesin makanan (Park et al., 2018). Dalam konteks pengolahan makanan, SSOP sangat penting untuk mengurangi kontaminasi makanan oleh pekerja. SSOP membahas faktor-faktor seperti kontak tangan telanjang dengan makanan, mencuci tangan yang tidak memadai, dan kontaminasi silang makanan siap saji oleh bahan mentah yang terkontaminasi, yang merupakan kontributor signifikan terhadap wabah penyakit bawaan makanan (Todd et al., 2007). Selain itu, SSOP merupakan prosedur penting untuk menjaga kualitas produk makanan, terutama selama masa pandemi COVID-19, di mana menjaga standar sanitasi menjadi sangat penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolshahi, A., Yancheshmeh, B. S., Abdolshahi, A., & Yancheshmeh, B. S. (2020). Food Contamination. In *Mycotoxins and Food Safety*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89802>
- Amoras, E. S. and Costa, A. L. F. d. A. (2020). Aflatoxins: a brief review of their chemical properties, toxicological effects and control measures. *Archives of Ecotoxicology*, 2(3), 43-46. <https://doi.org/10.36547/ae.2020.2.3.43-46>
- Barnes, A. N., Anderson, J. D., Mumma, J., Mahmud, Z. H., & Cumming, O. (2018). The association between domestic animal presence and ownership and household drinking water contamination among peri-urban communities of Kisumu, Kenya. *PloS One*, 13(6), e0197587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197587>
- Chapman, B., & Gunter, C. (2018). Local Food Systems Food Safety Concerns. *Microbiology Spectrum*, 6. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.PFS-0020-2017>
- Cusato, S., Gameiro, A., Corassin, C., Sant'Ana, A., Faria, J., & Oliveira, C. (2012). Food Safety Systems in a Small Dairy Factory: Implementation, Major Challenges, and Assessment of Systems' Performances. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10. <https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1286>
- Di Stefano, V., & Avellone, G. (2014). Food Contaminants. *Journal of Food Studies*, 3. <https://doi.org/10.5296/jfs.v3i1.6192>
- Fung, F., Wang, H.-S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- Kadariya, A., Smith, T., & Thapaliya Md Mph, D. (2014). Staphylococcus aureus and Staphylococcal Food-Borne Disease: An Ongoing Challenge in Public Health. *BioMed Research International*, 2014, 827965. <https://doi.org/10.1155/2014/827965>
- Law, J., Ab Mutalib, N.-S., Chan, K. G., & Lee, L.-H. (2014). Rapid Methods for the Detection of Foodborne Bacterial

- Pathogens: Principles, Applications, Advantages and Limitations. *Frontiers in Microbiology*, 5, 770. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00770>
- Legesse, D., Tilahun, M., Getahun, E., & Haftu, D. (2017). Food Handling Practices and Associated Factors among Food Handlers in Arba Minch Town Public Food Establishments in Gamo Gofa Zone, Southern Ethiopia. *Epidemiology: Open Access*, 07. <https://doi.org/10.4172/2161-1165.1000302>
- Mantilla, R. D. V., Jara, R. S., & Yimer, W. T. (2017). Evaluation of biological contaminants in foods by hyperspectral imaging: a review. *International Journal of Food Properties*, 1-34. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1338729>
- Nam, N. N., Do, H. D. K., Trinh, K. T. L., & Lee, N. (2022). Recent Progress in Nanotechnology-Based Approaches for Food Monitoring. *Nanomaterials*, 12, 4116. <https://doi.org/10.3390/nano12234116>
- Pan, Y., Deng, Z., & Shahidi, F. (2020). Natural bioactive substances for the control of food-borne viruses and contaminants in food. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00040-y>
- Park, J., Cho, H., Kim, J., & Ghim, S.-Y. (2018). New procedures for food handlers under infectious gastrointestinal disease: To control emerging microbial problems. *Journal of Food Safety*, 38, e12481. <https://doi.org/10.1111/jfs.12481>
- Pei, X., li, N., Guo, Y., Liu, X., Yan, L., Li, Y., Yang, S., Hu, J., Zhu, J., & Yang, D. (2015). Microbiological Food Safety Surveillance in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 10662–10670. <https://doi.org/10.3390/ijerph120910662>
- Petersen, M., Yu, Z., & Lu, X. (2021). Application of Raman Spectroscopic Methods in Food Safety: A Review. *Biosensors*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/bios11060187>
- Rather, I., Wee Yin, K., Kee, P., & Lim, J. (2017). The Sources of Chemical Contaminants in Food and Their Health

- Implications. *Frontiers in Pharmacology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00830>
- Sadiku, M., Ashaolu, T. J., & Musa, S. (2020). Food Contamination: A Primer. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 06, 01–07. <https://doi.org/10.31695/IJASRE.2020.33736>
- Scott, E. (2003). Food Safety and Foodborne Disease in the 21 st Century. *Canadian Journal of Infectious Diseases*, 14, 277–280. <https://doi.org/10.1155/2003/363984>
- Shin, S., Doh, I.-J., Rajwa, B., Bae, E., & Robinson, J. (2023). *Food contamination test using combined laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and Raman spectroscopy*. 15. <https://doi.org/10.1117/12.2665238>
- Tian, F., & Chun, H. (2017). *Natural Products for Preventing and Controlling Aflatoxin Contamination of Food*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68413>
- Todd, E., Michaels, B., Holah, ohn. holahJ, Smith, D., Greig, J., & Bartleson, C. (2010). Outbreaks Where Food Workers Have Been Implicated in the Spread of Foodborne Disease. Part 10. Alcohol-Based Antiseptics for Hand Disinfection and a Comparison of Their Effectiveness with Soaps. *Journal of Food Protection*, 73, 2128–2140. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.11.2128>
- Trafiałek, J., & Kolanowski, W. (2017). Implementation and functioning of HACCP principles in certified and non-certified food businesses: A preliminary study. *British Food Journal*, 119, 710–728. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0313>
- Uyttendaele, M., Franz, E., & Schlüter, O. (2015). Food Safety, a Global Challenge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 67. <https://doi.org/10.3390/ijerph13010067>
- Viator, C., Muth, M., Brophy, J., & Noyes, G. (2017). Costs of Food Safety Investments in the Meat and Poultry Slaughter Industries: Costs of food safety investments.... *Journal of Food Science*, 82. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13597>

- Wang, di, Wu, H., Hu, X., Yang, M., Yao, P., Ying, C.-J., Hao, L., & Liu, L. (2010). Application of hazard analysis critical control points (HACCP) system to vacuum-packed sauced pork in Chinese food corporations. *Food Control*, 21, 584–591. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.08.009>
- Wang, K., Lin, X., Zhang, M., Li, Y., Luo, C., & Wu, J. (2022). Review of Electrochemical Biosensors for Food Safety Detection. *Biosensors*, 12, 959. <https://doi.org/10.3390/bios12110959>
- Yasuda, J. K. (2015). Why Food Safety Fails in China: The Politics of Scale. *The China Quarterly*, 223, 745–769. <https://doi.org/10.1017/S030574101500079X>

BAB 3

SISTEM SANITASI INDUSTRI PANGAN

Oleh Puji Sugeng Ariadi

3.1 Pendahuluan

Sektor pengolahan makanan sangat penting dalam penyediaan makanan yang aman dan berkualitas tinggi kepada konsumen. Namun demikian, masalah keamanan pangan adalah salah satu yang tidak boleh dianggap enteng. Dalam kerangka ini, protokol kebersihan yang ditetapkan dalam industri makanan berfungsi sebagai landasan untuk menjamin bahwa makanan diproduksi sesuai dengan standar sanitasi yang ketat. Prosedur sanitasi tidak hanya mencakup pembersihan fisik tetapi juga mencakup kegiatan seperti sterilisasi dan pengawasan yang waspada selama penyiapan dan proses serta pasca proses.

Keberhasilan pelaksanaan sistem sanitasi ini tidak hanya mempengaruhi kebersihan barang tetapi juga berperan dalam kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Mengabaikan pemeliharaan sanitasi dapat menyebabkan keberadaan mikroorganisme berbahaya atau zat berbahaya lainnya yang dapat memicu kasus penyakit bawaan makanan dan berbagai masalah kesehatan yang parah. Oleh karena itu, sangat penting bagi setiap sektor dalam industri makanan untuk memiliki pemahaman yang komprehensif dan menerapkan langkah-langkah sanitasi yang tepat.

Kemajuan dan peningkatan sanitasi dimulai dengan prinsip-prinsip dasar sanitasi, metodologi kontemporer dalam kebersihan dan sanitasi, dan peraturan terkait yang harus dipatuhi oleh semua individu di sektor makanan. Melalui pemahaman dan pelaksanaan protokol sanitasi yang sesuai, diharapkan bahwa sektor pangan dapat meningkatkan keunggulan barang mereka sambil memenuhi kriteria keamanan pangan yang telah ditentukan.

Sanitasi dalam industri pangan selalu melibatkan seluruh manajemen untuk berkomitmen dalam menerapkan prinsip sanitasi dan hygiene untuk menjamin.

3.2 Perencanaan Prosedur Pengendalian Sanitasi atau *Sanitation Standard Operating Procedure (SSOP)*

Rencana SSOP sebaiknya tertulis yang akan menjelaskan masalah sanitasi, pengendalian, prosedur di pabrik, dan persyaratan pemantauan direkomendasikan. Manfaat yang didapat apabila dalam industri pangan memiliki perencanaan prosedur pengendalian sanitasi atau SSOP antara lain:

1. Jelaskan prosedur sanitasi yang akan digunakan di pabrik;
2. Menyediakan jadwal prosedur sanitasi tersebut;
3. Memberikan landasan untuk mendukung program pemantauan rutin;
4. Mendorong perencanaan sebelumnya untuk memastikan bahwa koreksi dilakukan bila diperlukan;
5. Mengidentifikasi tren dan mencegah masalah terulang kembali;
6. Memastikan semua orang, mulai dari manajemen hingga pekerja produksi, memahami sanitasi;
7. Menyediakan alat pelatihan yang konsisten bagi karyawan;
8. Menunjukkan komitmen kepada pembeli dan pemeriksa; Dan
9. Menghasilkan praktik dan kondisi sanitasi yang lebih baik di pabrik.

3.3 Kondisi Sanitasi Utama atau Kunci Persyaratan Sanitasi

Berdasarkan 21 CFR Part 123, 1995 dalam SCP for Processing Fish and Fishery Products, 2000 bahwa dalam mengembangkan prosedur pengendalian sanitasi (SSOP), Pemerintah USA menggunakan temuan dari inspeksi peraturan sebelumnya dan keluhan konsumen untuk menentukan masalah sanitasi yang paling umum. Hasilnya, berdasarkan inspeksi selama tahun 1991 - 1992 terhadap hampir semua produsen dalam negeri menunjukkan bahwa beberapa perusahaan pengolahan mempunyai masalah dengan kondisi sanitasi umum di area pengolahan. Misalnya, perusahaan pengolahan tidak membersihkan dan mensanitasi area atau peralatan pemrosesan

sepanjang hari produksi; memiliki karyawan yang tidak mengikuti praktik sanitasi yang baik dalam pemrosesan, pengemasan, atau kegiatan penyimpanan produk jadi; dan tidak memiliki hand sanitizer di area pemrosesan atau memiliki hand sanitizer yang tidak dijaga pada tingkat sanitasi yang tepat.

Dari kejadian-kejadian tersebut selanjutnya Pemerintah USA melalui USFDA (*United States-Food and Drug Administration*) menggabungkan ke dalam delapan (8) bidang kondisi sanitasi utama atau 8 kunci persyaratan sanitasi yaitu:

1. Keamanan air dan es
2. Kondisi dan kebersihan permukaan yang kontak dengan bahan pangan
3. Mencegah kontaminasi silang
4. Menjaga fasilitas pencuci tangan, sanitasi dan toilet
5. Proteksi dari bahan-bahan kontaminan
6. Pelabelan, penyimpanan dan penggunaan bahan toksin yang benar
7. Pengawasan kondisi Kesehatan personal
8. Pengendalian pest
 - a. Keamanan air yang bersentuhan dengan makanan atau permukaan yang bersentuhan dengan makanan, atau digunakan dalam pembuatan es;
 - b. Kondisi dan kebersihan permukaan yang bersentuhan dengan makanan, termasuk peralatan makan, sarung tangan, dan pakaian kerja karyawan;
 - c. Pencegahan kontaminasi silang dari benda kotor atau tidak sehat terhadap pangan, bahan pengemas pangan, dan permukaan kontak pangan lainnya, termasuk peralatan makan, sarung tangan, dan pakaian kerja, serta dari produk mentah ke produk matang; Pemeliharaan fasilitas cuci tangan dan sanitasi, serta fasilitas toilet;
 - d. Perlindungan pangan, bahan pengemas pangan, dan permukaan yang bersentuhan dengan pangan dari pemalsuan pangan misalnya dari pelumas, bahan bakar, pestisida, bahan pembersih, bahan sanitasi, kondensat, dan kontaminan lainnya baik kimia, fisik, dan biologis;

- e. Pelabelan, penyimpanan, dan penggunaan senyawa beracun yang tepat;
- f. Pengendalian kondisi kesehatan pekerja yang dapat mengakibatkan kontaminasi mikrobiologis pada pangan, bahan kemasan pangan, dan permukaan yang bersentuhan dengan pangan; dan Pengendalian hama atau hewan pengganggu di lingkungan industri pangan.

Keamanan Air dan ES

Masalah keamanan utama dalam setiap operasi pengolahan makanan adalah keamanan air. Rencana SSOP yang lengkap pertama-tama harus memperhitungkan sumber dan pengolahan air yang bersentuhan dengan makanan atau permukaan yang bersentuhan dengan makanan atau digunakan untuk membuat es. Hal ini juga harus mempertimbangkan hubungan silang antara pasokan air yang aman (air minum) dan pasokan air yang tidak aman atau meragukan (tidak dapat diminum) atau sistem pembuangan limbah. Di pabrik pengolahan pangan, hubungan silang telah ditemukan di banyak tempat, seperti pipa keras antara saluran air minum dan non-minum; outlet atau selang yang tidak terlindungi yaitu selang yang tidak memiliki alat pencegah arus balik; selang yang tergeletak di genangan air atau terendam dalam tangki pencuci; atau pompa pengukur yang digunakan untuk membersihkan bahan kimia tanpa alat pencegah aliran balik.

Air sangat penting karena kegunaan dan penerapannya yang luas dalam pengolahan makanan. Kegunaannya: 1) sebagai bahan pada beberapa produk pangan; 2) untuk menyampaikan atau mengangkut produk; 3) untuk mencuci makanan; 4) membersihkan dan mensanitasi fasilitas, peralatan, wadah, dan peralatan; 5) membuat es; dan 6) untuk minum. Semua ini memerlukan air bersih yang tidak menyebabkan kontaminasi pada makanan.

Pasokan air di pabrik pengolahan makanan harus mencukupi untuk tujuan produksi dan harus berasal dari sumber yang memadai; serta air apa pun yang bersentuhan dengan

makanan atau permukaan yang bersentuhan dengan makanan harus aman dan memiliki kualitas sanitasi yang cukup memadai. Persediaan air yang cukup dengan kualitas sanitasi yang memadai diartikan sebagai pasokan air yang dapat diminum berdasarkan standar air minum tertentu yang ditetapkan secara nasional. Pedoman terkait standar air minum ini termasuk didalamnya air yang diperoleh dari sumber-sumber publik atau kota, air sumur dan perairan pesisir atau yang berasal dari air laut.

1. Air Kota atau Air dari Sumber Publik

Jika air berasal dari sumber air kota (contoh berasal dari Perusahaan Air Minum Daerah), salinan tagihan air biasanya merupakan dokumentasi yang cukup untuk penyediaan air yang disetujui dan perusahaan pengolahan pangan bisa meminta salinan analisis kualitas air dari perusahaan pemerintah daerah. Selain informasi keamanan air, analisis ini dapat mengungkapkan informasi (misalnya kesadahan air dan kandungan mineral) yang dapat mempengaruhi kondisi pemrosesan dan keamanan pangan. Tagihan dan analisis air harus diperoleh setiap tahun dan dimasukkan ke dalam Catatan Pengawasan Sanitasi secara berkala atau bulanan. Beberapa perusahaan wajib untuk melakukan analisis tambahan dan menyimpan hasilnya dalam catatan sanitasi berkala mereka.

2. Air Pribadi (Sumur)

Demikian pula, sumber air milik pribadi atau air sumur harus dipantau untuk menentukan apakah airnya memenuhi standar yang disetujui. Hal ini memerlukan analisis laboratorium, yang minimal harus mencakup pengujian bakteri indikator. Misalnya, pengujian air sumur harus dilakukan sebelum sumber baru digunakan untuk operasi pengolahan, setidaknya setiap semester atau lebih sering untuk sumber yang dicurigai. Frekuensi pengambilan sampel biasanya ditentukan oleh persyaratan Pemerintah.

3. Air laut

Pertimbangan keamanan air laut ini khususnya untuk pengolahan hasil perikanan tangkap dan setidaknya harus sesuai dengan persyaratan air minum dari sumber publik dan air sumur. Oleh karena itu, perusahaan atau kapal yang

menggunakan air laut untuk mengolah ikan dan produk perikanan harus mempertimbangkan pemantauan sumber aslinya, air setelah pengolahan yang diperlukan, dan air dari tangki penyimpanan.

Menyadari bahwa kondisi air laut dapat berubah karena musim dan aktivitas pesisir, pemantauan dapat dilakukan lebih sering dibandingkan dengan sumber-sumber publik atau air sumur yang berada di darat. Meskipun air mengandung jumlah garam yang lebih tinggi dibandingkan air tawar, air asin yang digunakan pada makanan dan permukaan yang bersentuhan dengan makanan setidaknya harus memenuhi persyaratan keamanan untuk air minum. Dalam situasi di mana hal ini tidak terjadi, pertimbangan yang cermat harus diberikan terhadap risiko keselamatan dan estetika yang terkait dengan penggunaannya. Misalnya, pengujian mungkin tidak diperlukan ketika air laut hanya digunakan untuk mengeluarkan ikan hasil tangkapan dari kapal menggunakan pompa air. Namun, ketika air laut digunakan untuk pengolahan dan langsung bersentuhan dengan fillet atau bagian produk makanan laut lainnya yang dapat dimakan, sumber air laut perlu dipantau dengan lebih hati-hati.

Selain pemantauan keamanan sumber air dan pipa terkait, pemantauan berkala harus dilakukan untuk keamanan es yang dibuat dari pasokan air. Es serta kondisi penyimpanan dan penanganannya dapat menyebabkan penyebaran bakteri bermasalah. Situasi ini biasanya disebabkan oleh kontaminasi es akibat penyimpanan yang tidak sehat, pengangkutan, penyekopan, atau kontak dengan lantai. Kondisi sanitasi ini melibatkan permukaan kontak makanan tidak langsung yang diperlukan untuk kondisi dan kebersihan permukaan kontak makanan.

Kondisi dan kebersihan permukaan yang kontak dengan bahan pangan

Permukaan kontak pangan dalam pengolahan pangan dapat mencakup seluruh peralatan, peralatan dan fasilitas yang digunakan selama pengolahan; serta, pakaian dan tangan pekerja, serta bahan

pengemas. Hal ini merupakan kekhawatiran yang sangat komprehensif karena potensi kontaminasi pangan dapat berasal dari berbagai jalur langsung atau tidak langsung yang tidak selalu terlihat jelas selama operasi pengolahan.

Rencana SSOP yang lengkap akan memperhitungkan semua permukaan yang bersentuhan dengan makanan yang dapat menyebabkan kontaminasi langsung atau tidak langsung pada makanan selama pemrosesan. Program pemantauan harus memastikan bahwa, 1) peralatan dan peralatan pengolahan (permukaan yang bersentuhan dengan makanan) berada dalam kondisi yang sesuai untuk pengolahan sanitasi, 2) peralatan dan perkakas dibersihkan dan disanitasi dengan benar, 3) jenis dan konsentrasi pembersih dapat diterima sebagaimana diterapkan, dan 4) bahwa sarung tangan dan pakaian luar yang mungkin bersentuhan dengan makanan bersih dan dalam kondisi baik.

Mencegah Kontaminasi Silang

Makanan laut mentah, seperti makanan mentah lainnya, mengandung mikroorganisme penyebab pembusukan makanan dan mungkin juga mengandung mikroorganisme berbahaya yang disebut patogen yaitu bakteri atau virus yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Mikroorganisme tersebut dapat berasal langsung dari lingkungan laut atau dari kontaminasi yang terjadi setelah ikan atau produk kerang dipanen. Demikian pula, orang-orang yang bekerja dalam operasi penanganan makanan dapat menyimpan patogen pada kulit dan tangan mereka, serta pada sistem pencernaan atau saluran pernapasan mereka. Bakteri ini dan mikroorganisme lainnya tidak mempunyai sarana untuk bergerak didalam pabrik pengolahan atau penanganan makanan. Mereka harus dibawa secara fisik dari satu tempat ke tempat lain.

Tangan, sarung tangan, pakaian luar, perkakas, permukaan peralatan yang bersentuhan dengan makanan yang bersentuhan dengan limbah, lantai, atau benda tidak sehat lainnya dapat berkontribusi terhadap kontaminasi produk. Karyawan harus dilatih tentang bagaimana dan kapan mencuci dan mensanitasi tangan, sarung tangan, dan pakaian luar mereka dengan benar, serta peralatan seperti sekop dan ember yang bersentuhan dengan lantai

atau sampah. Penting juga untuk ditekankan bahwa untuk membersihkan peralatan secara efektif, semua sisa produk harus dihilangkan; peralatan harus dibersihkan dengan air panas dan/atau deterjen yang sesuai; dan peralatan kemudian harus disanitasi.

Menjaga Fasilitas Pencuci Tangan, Sanitasi Dan Toilet

Fasilitas pemrosesan makanan laut umumnya memerlukan banyak penanganan produk secara manual. Pemotongan, filleting, shucking, peeling, sorting, dan packing hanyalah beberapa contoh langkah manual yang dilakukan dengan tangan pekerja. Dalam beberapa kasus, produk siap saji yang dimasak seperti daging kepiting dan daging udang karang harus ditangani untuk mengeluarkan dan mengemas dagingnya. Produk makanan laut dengan nilai tambah lainnya (sup, ikan asap, sandwich, dan produk khusus lainnya) juga dapat ditangani oleh pekerja tanpa perlu dimasak lebih lanjut sebelum dikonsumsi. Sayangnya, tangan manusia tidak hanya digunakan untuk menangani makanan laut oleh pekerja pabrik. Mereka mungkin digunakan untuk menyapa orang lain (berjabat tangan), menyisir rambut, menggaruk, makan saat istirahat makan siang, memegang benda-benda yang tidak sehat, dan pergi ke toilet. Saat melakukan aktivitas ini, tangan mungkin terkontaminasi mikroorganisme dan zat berbahaya.

Tentu saja, mencuci tangan diperlukan di fasilitas yang memproduksi produk perikanan mentah. Mencuci tangan dan melakukan sanitasi tangan diperlukan bagi karyawan yang menangani makanan siap saji, atau bahan kemasan makanan atau permukaan yang bersentuhan dengan makanan untuk produk siap saji. Jika tangan tidak dicuci dan disanitasi dengan benar sebelum menyerahkan produk makanan laut, tangan dapat menjadi sumber patogen yang signifikan mikroorganisme atau kontaminasi bahan kimia pada produk jadi makanan laut. Fasilitas pengolahan makanan harus mempunyai program cuci tangan yang efektif. Ketersediaan dan pemeliharaan fasilitas toilet merupakan bagian penting dari program cuci tangan untuk mencegah penyebaran kotoran dan organisme patogen ke seluruh tanaman.

Proteksi Dari Bahan-Bahan Kontaminan

Pengolah produk pangan perlu mewaspadai segala cara yang dapat menyebabkan produk pangan dipalsukan sedemikian rupa sehingga tidak aman dikonsumsi karena kemungkinan kontaminasi tidak langsung atau tidak terduga seperti pelumas, bahan bakar, pestisida, kondensat, dan lain-lain. residu atau aerosol dari senyawa pembersih beracun. Karyawan pabrik harus dilatih untuk mengantisipasi dan mengenali kemungkinan jalur kontaminasi tidak langsung ini.

ujuan pemantauan area ini adalah untuk memastikan bahwa makanan, bahan kemasan makanan, dan permukaan yang bersentuhan dengan makanan terlindungi dari berbagai kontaminan mikrobiologis, kimia, dan fisik. Penggunaan senyawa beracun – pestisida, bahan pembersih dan sanitasi, bahan bakar dan pelumas – seringkali diperlukan dalam lingkungan pengolahan makanan laut. Selain senyawa-senyawa tersebut, kondensasi yang terbentuk pada permukaan yang tidak bersih dan genangan air di lantai merupakan sumber kontaminasi mikroba pada produk makanan.

Area kerja dan penyimpanan juga harus tetap bersih dan bebas dari genangan air yang dapat terciprat ke produk dan mengkontaminasi bakteri. Kondisi ini harus dipantau baik di dalam maupun di luar pabrik. Pemantauan harus mencakup dermaga pemuatan dan area penerimaan, area penyimpanan dan pendingin, serta area penanganan makanan dan produksi.

Pelabelan, Penyimpanan Dan Penggunaan Bahan Toksin Yang Benar

Penggunaan senyawa beracun yang tidak tepat sering menjadi penyebab pemalsuan produk. Bahan kimia yang digunakan di sebagian besar pabrik pengolahan makanan mencakup senyawa seperti pembersih, pembersih, rodentisida, insektisida, pelumas mesin dan beberapa bahan tambahan makanan. Tanpa mereka, fasilitas tersebut tidak dapat beroperasi. Namun penggunaannya harus bijaksana dan hati-hati. Bahan-bahan tersebut harus digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik, diberi label yang sesuai, dan disimpan dengan cara yang aman; jika tidak, hal tersebut akan

menimbulkan risiko kontaminasi pada produk makanan yang ditangani atau diproduksi oleh perusahaan tersebut. Semua peraturan pemerintah terkait dengan penerapan, penggunaan, atau penyimpanan produk ini harus dipatuhi. Karena banyaknya senyawa berbeda yang tersedia untuk digunakan di fasilitas saat ini, bab ini tidak akan membahas informasi spesifik untuk setiap senyawa. Sebaliknya gambaran umum akan diberikan. Pemroses didorong untuk memperoleh informasi tambahan mengenai senyawa dan larutan yang digunakan dalam operasi pemrosesan mereka.

Tujuan pemantauan kondisi ini adalah untuk memastikan bahwa pelabelan, penyimpanan dan penggunaan senyawa beracun memadai untuk melindungi pangan dari kontaminasi senyawa beracun. Area yang menjadi perhatian mencakup permukaan yang bersentuhan dengan makanan, bahan pengemas, dan bahan-bahan yang digunakan baik dalam pemrosesan maupun yang terkandung dalam produk jadi. Senyawa beracun termasuk pembersih, sanitiser, pestisida (untuk serangga dan hewan pengerat), pelumas mesin dan senyawa lain yang diperlukan untuk membersihkan dan menjaga lingkungan pengolahan makanan.

adalah asli untuk semua bahan kimia harus diberi label yang menunjukkan nama produsen, petunjuk penggunaan, dan persetujuan yang sesuai (misalnya registrasi EPA). Bahan-bahan tersebut harus dimasukkan ke dalam wadah sanitasi yang memuat nama dan alamat produsen atau frasa lain yang memenuhi syarat seperti “diproduksi untuk”, “dikemas

untuk”, atau “didistribusikan oleh” jika bahan tersebut dipasarkan oleh perusahaan selain produsen. Seringkali, kita perlu mengambil sebagian senyawa dari wadah aslinya untuk digunakan di fasilitas, karena wadah aslinya biasanya terlalu besar dan berat untuk kemudahan penggunaan di lantai pabrik. Oleh karena itu, wadah kerja yang digunakan untuk menyimpan atau menggunakan senyawa seperti pembersih dan pembersih yang secara rutin diambil dari persediaan curah juga harus diidentifikasi dengan jelas dan satu per satu dengan nama umum bahan tersebut.

Bahan kimia yang digunakan dalam perawatan pembersihan dan sanitasi, serta pestisida dan rodentisida, harus disimpan dengan

benar di tempat dengan akses terbatas, jauh dari penanganan atau produksi makanan. Biasanya ini berarti di ruangan atau sangkar terkunci, dengan kunci atau kombinasinya hanya diberikan kepada personel yang diperlukan. Bahan kimia pembersih harus dipisahkan dari insektisida dan rodentisida untuk mencegah pencampuran atau penyalahgunaan yang tidak disengaja. Demikian pula, bahan kimia food grade harus disimpan jauh dari senyawa nonfood grade. Biasanya, wadah asli dari senyawa tersebut cukup dan dirancang dengan baik untuk tujuan khusus ini.

Bahan kimia yang menjadi perhatian ini tidak boleh disimpan di atas makanan, peralatan, perkakas, atau bahan kemasan. Wadah kerja yang digunakan untuk menyimpan bahan-bahan tersebut, seperti pembersih dan penyanitasi, yang diambil dari persediaan dalam jumlah besar juga harus higienis dan dapat dibersihkan. Wadah yang sebelumnya digunakan untuk menyimpan bahan beracun atau beracun tidak boleh digunakan untuk menyimpan, mengangkut, atau mengeluarkan makanan atau bahan makanan, dan juga tidak boleh digunakan untuk menyimpan pembersih dan pembersih yang dapat bersentuhan dengan permukaan yang bersentuhan dengan makanan. Demikian pula wadah kerja penggunaan bahan pembersih dan sanitizer tidak boleh merupakan wadah makanan yang dapat digunakan secara tidak sengaja untuk mengemas suatu produk makanan.

Pengawasan kondisi Kesehatan personal

Kondisi sanitasi ini berkaitan dengan orang yang tampak mempunyai penyakit, luka atau penderitaan lain yang dapat menjadi sumber kontaminasi mikroba pada makanan. Sangat penting bagi manajer untuk mencegah karyawan bekerja dengan makanan atau permukaan yang bersentuhan dengan makanan ketika mereka sakit atau mempunyai luka menular yang berpotensi mengkontaminasi produk.

Kesehatan dan kebersihan karyawan merupakan komponen utama program pengendalian sanitasi perusahaan. Organisme penyebab penyakit dapat disebarkan oleh pekerja yang ceroboh dalam menangani produk makanan. Dalam beberapa kasus, individu mungkin menjadi pembawa penyakit, yang berarti individu

tersebut menularkan organisme tersebut tanpa benar- benar menunjukkan gejala penyakit. Kecuali jika kebiasaan higienis yang baik dipraktikkan, makanan yang ditangani oleh orang tersebut pada gilirannya dapat menularkan penyakit kepada konsumen yang tidak terdeteksi.

Pemantauan harus digunakan untuk mengamati karyawan pabrik terhadap gejala penyakit dan luka yang berpotensi mengkontaminasi makanan. Sebelum memulai operasi pabrik, atau pada awal setiap shift, amati tanda-tanda penyakit atau infeksi luka pada karyawan. Supervisor yang secara rutin mengamati karyawannya akan segera menyadari tanda-tanda visual bahwa karyawannya mungkin sedang tidak enak badan. Jika supervisor mencurigai adanya masalah, maka adalah bijaksana untuk berbicara dengan karyawan tersebut.

Karena status kesehatan seseorang dapat berubah dalam semalam, penting untuk memantau kesehatan karyawan setiap hari. Seperti disarankan sebelumnya, hal ini sebaiknya dilakukan sebelum karyawan mulai bekerja. Oleh karena itu, prosedur pemantauan ini adalah salah satu prosedur yang harus dilakukan sebelum operasi. Karyawan mempunyai tanggung jawab dalam kondisi sanitasi ini. Menurut Kode Makanan FDA tahun 1999, karyawan harus melaporkan jika mereka didiagnosis menderita penyakit, gejala, atau kondisi berisiko tinggi.

Pengendalian pest

Ketika membahas hama, banyak orang membayangkan hewan pengerat sebagai penyebab utama, namun kenyataannya hama mempunyai banyak bentuk di fasilitas pengolahan makanan. Ini termasuk burung; berbagai spesies serangga terbang dan merayap seperti kecoa, lalat, kumbang biji-bijian, dan ngengat; serta anjing, kucing, rakun, dan berbagai hewan pengerat. Dampak hama pada industri makanan sangat besar dalam hal moneter dan menyebabkan kerugian miliaran dolar di seluruh dunia. Meskipun kerugian finansial ini penting, kekhawatiran utama adalah keamanan pangan akan terganggu oleh hama di fasilitas pengolahan makanan. Kehadiran hama pada suatu tanaman pangan dapat mengakibatkan penyakit pada konsumen melalui kontaminasi

mikroba. Meskipun hama tidak menyebabkan penyakit, kotoran seperti bagian tubuh serangga, bulu hewan pengerat, dan kotoran dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi konsumen ketika mereka menemukannya dalam makanan mereka.

Kondisi sanitasi utama yang kedelapan terutama berkaitan dengan “hama di pabrik”, sedangkan Praktik Manufaktur yang Baik (GMP) terkait menangani semua atribut pengendalian hama. Pemantauan yang diwajibkan mencakup inspeksi visual terhadap keberadaan hama (misalnya, hewan peliharaan, serangga, hewan pengerat, dan burung), dan terhadap keberadaan hama yang ada saat ini atau baru-baru ini, seperti kotoran, bekas gigitan, dan bahan sarang. Biasanya, pemantauan mencakup pengamatan di area pemrosesan, pengepakan, dan penyimpanan.

Frekuensi pemantauan akan bervariasi tergantung pada apa yang dipantau. Inspeksi fasilitas fisik untuk mengetahui kemungkinan titik masuk dapat dilakukan secara berkala, mungkin mingguan atau bahkan bulanan. Pemantauan terhadap bukti langsung adanya hama pada tanaman secara khusus diwajibkan oleh peraturan FDA HACCP dan biasanya harus dilakukan 'setiap hari'.

DAFTAR PUSTAKA

- KKP. 2021. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor10/PERMEN-KP/2021 tentang Standar Kegiatan Usaa Dan ProdukPada Penyelenggaraan Perizinan Usaha Berbasis Risiko Sektor Kelautan Dan Perikanan.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2019. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI tentang Persyaratan dan Tata Cara Penerbitan Sertifikat Kelayakan Pengolahan (Nomor 17/PERMENKP/2019).
- Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 52A/KEPMEN-KP/2013 tentang Persyaratan Jaminan Mutu Dan Keamanan Hasil Perikanan Pada Proses, Pengolahan dan Distribusi.
- Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 52A/KEPMEN-KP/2013 Tentang Persyaratan Jaminan Mutu Dan Keamanan Hasil Perikanan Pada Proses Produksi, Pengolahan Dan Distribusi. Jakarta. Indonesia.
- Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia. 2018. Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 51/PERMEN KP/2018 Tentang Tata Cara Penerbitan Sertifikat Program Manajemen Mutu Terpadu / HACCP. Jakarta. Indonesia.
- The National Seafood HACCP. 2000. Sanitasion Control Procedures For Processing Fish and Fishery Products.

BAB 4

MIKROBIOLOGI PANGAN

Oleh Abd. Syukur Lumbessy

4.1 Pendahuluan

Mikrobiologi Pangan adalah cabang ilmu yang mempelajari peran mikroorganisme dalam pengolahan, produksi, dan keamanan pangan. Mikroorganisme, seperti bakteri, kapang, dan khamir, memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik, kualitas, dan keamanan pangan. Pemahaman mendalam tentang Mikrobiologi Pangan sangat penting dalam industri pangan untuk memastikan produk yang aman, berkualitas, dan tahan lama. Doyle, M. P *et al*, (2013).

Mikroorganisme dapat berdampak positif maupun negatif terhadap pangan. Di satu sisi, mikroorganisme dapat menyebabkan pembusukan dan kontaminasi pangan, yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. Di sisi lain, mikroorganisme juga berperan penting dalam proses pengolahan pangan, seperti fermentasi dan pengembangan rasa, aroma, serta tekstur yang diinginkan. Tortora, G. J *et al*, (2019).

Bakteri merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang paling penting dalam Mikrobiologi Pangan. Bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan (foodborne illness) yang serius. Namun, bakteri juga dapat berperan sebagai pengawet alami, seperti dalam produksi asam laktat dan bakteriosin. Pitt, J. I. *et al*, (2009).

Kapang juga memiliki peran penting dalam Mikrobiologi Pangan. Beberapa kapang dapat menghasilkan mikotoksin, yaitu racun yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Namun, kapang juga dimanfaatkan dalam proses fermentasi, seperti dalam pembuatan keju dan tempe. Kapang juga digunakan untuk menghasilkan metabolit sekunder yang bermanfaat, seperti antibiotik dan asam organik. Boekhout, T. *et al*, (2020).

4.1.1 Pentingnya Mikrobiologi Pangan dalam Industri Pangan

Mikrobiologi Pangan merupakan bidang ilmu yang sangat penting dalam industri pangan. Pemahaman tentang peran mikroorganisme dalam pangan dan cara mengendalikannya sangat diperlukan untuk memastikan keamanan, kualitas, dan keberlanjutan produk pangan. Mikrobiologi Pangan memainkan peran kunci dalam menjamin keamanan pangan. Mikroorganisme patogen seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan yang serius. Oleh karena itu, pemahaman tentang sumber, penyebaran, dan pengendalian mikroorganisme patogen dalam rantai pangan sangat penting untuk melindungi kesehatan konsumen. Doyle, M. P., *et al* (2013).

Mikrobiologi Pangan berkontribusi dalam menjaga kualitas dan masa simpan produk pangan. Mikroorganisme pembusuk seperti bakteri dan kapang dapat menyebabkan kerusakan pada pangan, seperti perubahan warna, bau, dan tekstur yang tidak diinginkan. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, industri pangan dapat mengembangkan metode pengawetan yang efektif untuk memperpanjang masa simpan produk. Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009).

Mikrobiologi Pangan sangat penting dalam proses fermentasi pangan. Banyak produk pangan seperti keju, yogurt, tempe, anggur, dan roti dihasilkan melalui proses fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri asam laktat dan khamir. Mikroorganisme ini memberikan kontribusi terhadap rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi produk akhir. Holzapfel, W. H. (2002).

Mikrobiologi Pangan berperan dalam pengembangan metode pengawetan pangan yang aman dan efektif. Metode-metode seperti pemanasan, pendinginan, penggaraman, pengasaman, radiasi, dan tekanan tinggi digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan pangan. Pemahaman tentang mekanisme pengawetan dan efektivitasnya terhadap berbagai jenis mikroorganisme sangat penting bagi industri pangan. Gould, G. W. (2000).

Analisis mikrobiologi merupakan aspek penting dalam Mikrobiologi Pangan. Metode-metode analisis mikrobiologi, seperti penghitungan total mikroba, uji koliform, dan deteksi patogen spesifik, digunakan untuk memantau kualitas dan keamanan pangan. Hasil analisis ini memberikan informasi penting bagi industri pangan dalam mengambil tindakan pencegahan dan pengendalian yang tepat. Downes, F. P., & Ito, K. (2001). Mikrobiologi Pangan membantu dalam memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar keamanan pangan. Badan regulasi pangan nasional dan internasional menetapkan standar dan pedoman yang harus dipatuhi oleh industri pangan, termasuk dalam hal pengendalian mikroorganisme. Pemahaman tentang Mikrobiologi Pangan membantu industri pangan dalam memenuhi persyaratan ini. Mortimore, S., & Wallace, C. (2013).

Mikrobiologi Pangan berperan dalam pengembangan sistem keamanan pangan seperti HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Sistem ini membantu industri pangan dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya mikrobiologis yang dapat terjadi selama proses produksi pangan. Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (2013). Mikrobiologi Pangan juga penting dalam memahami peran mikroorganisme dalam menghasilkan metabolit sekunder yang bermanfaat, seperti antibiotik, enzim, dan asam organik.

Metabolit sekunder ini dapat dimanfaatkan dalam industri pangan sebagai bahan pengawet alami, penambah rasa, atau bahan aditif lainnya. Boekhout, T., & Kurtzman, C. P. (2020). Penelitian dalam bidang Mikrobiologi Pangan terus berkembang untuk menghadapi tantangan baru seperti resistensi antimikroba, teknologi baru dalam analisis dan pengawetan, serta isu-isu keberlanjutan dalam industri pangan. Penelitian ini memberikan wawasan baru dan solusi inovatif untuk meningkatkan keamanan, kualitas, dan keberlanjutan produk pangan. Doyle, M. P., *et al* (2013).

4.2 Jenis – Jenis Mikroorganisme dalam Pangan

Mikrobiologi Pangan berkontribusi dalam pengembangan produk pangan baru dan inovatif. Mikroorganisme dapat

dimanfaatkan sebagai agen bioteknologi untuk memproduksi bahan pangan, meningkatkan nilai gizi, atau menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan. Penelitian dalam bidang ini dapat membuka peluang untuk mengembangkan produk pangan yang lebih sehat dan berkelanjutan. Smid, E. J., & Lacroix, C. (2013). Jenis-jenis mikroorganisme dalam pangan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori utama, yaitu bakteri, kapang, dan khamir. Berikut penjelasan masing – masing jenis mikroorganisme tersebut diantaranya:

4.2.1 Bakteri

1. Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang paling banyak ditemukan dalam pangan. Bakteri dapat memberikan dampak positif maupun negatif terhadap pangan, tergantung pada jenis dan kondisinya. Beberapa jenis bakteri yang penting dalam pangan antara lain:
2. Bakteri patogen: Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan (*foodborne illness*) yang membahayakan kesehatan manusia. Contohnya Salmonella, Listeria monocytogenes, Escherichia coli patogen, dan Staphylococcus aureus. Doyle, M. P., *at al*, (2013).
3. Bakteri pembusuk: Bakteri ini dapat menyebabkan kerusakan pada pangan, seperti perubahan warna, bau, dan tekstur yang tidak diinginkan. Contohnya Pseudomonas, Enterobacter, dan Clostridium. Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009).
4. Bakteri pengawet: Bakteri ini dapat menghasilkan senyawa yang berfungsi sebagai pengawet alami dalam pangan, seperti asam laktat dan bakteriosin. Contohnya bakteri asam laktat seperti Lactobacillus dan Bifidobacterium. Ray, B., & Bhunia, A. (2013).

4.2.2 Kapang

Kapang merupakan mikroorganisme eukariotik yang memiliki peran penting dalam pangan, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Beberapa jenis kapang yang penting dalam pangan antara lain:

1. Kapang patogen: Kapang ini dapat menghasilkan mikotoksin yang bersifat toksik bagi manusia. Contohnya *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* yang dapat menghasilkan aflatoksin. Bhat, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. (2010).
2. Kapang pembusuk: Kapang ini dapat menyebabkan kerusakan pada pangan, seperti perubahan warna, bau, dan tekstur yang tidak diinginkan. Contohnya *Penicillium*, *Aspergillus*, dan *Rhizopus*. Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009).
3. Kapang penghasil metabolit sekunder: Kapang ini dapat menghasilkan metabolit sekunder yang bermanfaat, seperti antibiotik, enzim, dan asam organik. Contohnya *Penicillium chrysogenum* yang menghasilkan antibiotik penisilin. Boekhout, T., & Kurtzman, C. P. (2020).

4.2.3 Khamir

Khamir merupakan mikroorganisme eukariotik uniseluler yang memiliki peran penting dalam pangan, terutama dalam proses fermentasi. Beberapa jenis khamir yang penting dalam pangan antara lain:

1. Khamir patogen: Khamir ini dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan, seperti *Candida albicans* yang dapat menyebabkan kandidiasis. Tortora, G. J., *et al*, (2019).
2. Khamir pembusuk: Khamir ini dapat menyebabkan kerusakan pada pangan, seperti perubahan rasa, aroma, dan tekstur yang tidak diinginkan. Contohnya *Zygosaccharomyces* dan *Pichia*.
3. Khamir fermentasi: Khamir ini digunakan dalam proses fermentasi pangan, seperti dalam pembuatan roti, bir, dan anggur. Contohnya *Saccharomyces cerevisiae*. Holzapfel, W. H. (2002).

4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Pertumbuhan Mikroorganisme dalam Pangan

Mikroorganisme memiliki peran penting dalam industri pangan, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor intrinsik dan ekstrinsik yang saling berinteraksi.

Pemahaman mendalam tentang faktor-faktor ini sangat penting untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba, menjaga keamanan pangan, dan mengoptimalkan proses produksi pangan (Mossel et al., 2002). Faktor-faktor seperti nutrisi, pH, aktivitas air, suhu, ketersediaan oksigen, dan interaksi antar mikroorganisme secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan aktivitas metabolik mikroba dalam pangan (Jay et al., 2005). Memahami bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dan memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme memungkinkan para ilmuwan dan praktisi industri pangan untuk mengembangkan strategi yang efektif dalam pengawetan makanan, meningkatkan keamanan pangan, dan mengoptimalkan proses fermentasi (Doyle et al., 2013).

4.3.1 Faktor intrinsik

Faktor intrinsik merupakan karakteristik yang melekat pada bahan pangan itu sendiri dan memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Faktor-faktor ini mencakup sifat fisikokimia pangan yang secara alami ada atau terbentuk selama pengolahan. Pemahaman tentang faktor intrinsik sangat penting dalam ilmu dan teknologi pangan, karena faktor-faktor ini berperan krusial dalam menentukan jenis mikroorganisme yang dapat tumbuh, tingkat pertumbuhan mereka, dan potensi kerusakan atau pembusukan pangan (Montville & Matthews, 2008).

Beberapa faktor intrinsik utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan meliputi pH, aktivitas air (a_w), potensial oksidasi-reduksi (E_h), struktur biologis, kandungan nutrisi, dan senyawa antimikroba alami. Setiap faktor ini dapat bertindak secara individual atau berinteraksi dengan faktor lainnya, menciptakan kondisi yang kompleks yang mendukung atau menghambat pertumbuhan mikroba (Beuchat *et al.*, 2013).

Manipulasi faktor intrinsik telah lama digunakan sebagai strategi pengawetan pangan. Misalnya, penurunan pH melalui fermentasi atau penambahan asam, pengurangan aktivitas air melalui pengeringan atau penambahan garam atau gula, serta penggunaan bahan pengawet alami telah menjadi metode

tradisional dalam pengawetan makanan. Dalam konteks modern, pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor intrinsik memungkinkan pengembangan teknologi pengawetan yang lebih canggih dan efektif, serta desain produk pangan yang lebih aman dan tahan lama (Gould, 1996).

4.3.2 Faktor ekstrinsik

Faktor ekstrinsik merupakan kondisi lingkungan eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan. Faktor-faktor ini memiliki peran krusial dalam menentukan kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan aktivitas metabolik mikroba. Pemahaman tentang faktor ekstrinsik sangat penting dalam pengembangan strategi pengawetan makanan, pengendalian keamanan pangan, dan optimalisasi proses fermentasi (Garbutt, 1997).

Beberapa faktor ekstrinsik utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan meliputi suhu penyimpanan, kelembaban relatif lingkungan, keberadaan dan konsentrasi gas di sekitar pangan, serta paparan cahaya. Faktor-faktor ini dapat dimanipulasi untuk menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan atau sebaliknya, untuk mendukung pertumbuhan mikroba yang menguntungkan dalam proses fermentasi (Adams & Moss, 2008).

Interaksi antara faktor ekstrinsik dan faktor intrinsik pangan menciptakan ekosistem mikro yang kompleks, yang pada akhirnya menentukan jenis dan jumlah mikroorganisme yang dapat tumbuh dalam pangan tersebut. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif tentang faktor ekstrinsik menjadi dasar dalam pengembangan teknologi pengawetan pangan modern dan sistem manajemen keamanan pangan yang efektif (Montville *et al.*, 2012).

4.4 Pencemaran Mikrobiologi pada Pangan

Pencemaran mikrobiologi pada pangan adalah kehadiran mikroorganisme yang tidak diinginkan dalam bahan pangan, yang dapat menyebabkan kerusakan dan menjadi ancaman bagi kesehatan konsumen. Pencemaran mikrobiologi pada pangan dapat

disebabkan oleh berbagai jenis mikroorganisme, seperti bakteri, kapang, khamir, virus, dan parasit (Jay *et al.*, 2005).

Sumber utama pencemaran mikrobiologi dapat berasal dari lingkungan, peralatan pengolahan, penanganan yang tidak tepat oleh pekerja, atau kontaminasi silang selama proses produksi (ICMSF, 2011). Bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeriamonocytogenes*, dan *Campylobacter jejuni* adalah penyebab utama keracunan makanan dan infeksi yang ditularkan melalui pangan (Forsythe, 2010). Selain bakteri patogen, beberapa jenis kapang dan khamir juga dapat menghasilkan mikotoksin yang beracun bagi manusia dan hewan (ICMSF, 2011). Virus seperti virus hepatitis A dan norovirus juga dapat mencemari pangan melalui kontaminasi dari pekerja atau air yang tercemar, dan menyebabkan infeksi saluran pencernaan (Forsythe, 2010).

Pencemaran mikrobiologi pada pangan dapat menyebabkan kerusakan fisik, perubahan warna, bau, rasa, atau tekstur yang tidak diinginkan, serta menurunkan nilai gizi dan daya simpan pangan (Jay *et al.*, 2005). Selain masalah keamanan pangan, pencemaran mikrobiologi juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi karena pangan harus dibuang atau tidak dapat dijual (ICMSF, 2011).

Pengendalian pencemaran mikrobiologi dalam industri pangan melibatkan penerapan praktik higiene dan sanitasi yang ketat, serta penggunaan teknik pengawetan yang tepat (Forsythe, 2010). Penggunaan bahan pengawet, pemanasan, pendinginan, pengeringan, atau modifikasi atmosfer kemasan merupakan beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan (Jay *et al.*, 2005).

Penerapan sistem manajemen keamanan pangan seperti *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) juga sangat penting untuk mengidentifikasi dan mengendalikan risiko pencemaran mikrobiologi dalam proses produksi pangan (ICMSF, 2011). Pemantauan mikrobiologi secara berkala melalui pengujian sampel pangan dan lingkungan produksi juga diperlukan untuk memastikan keamanan pangan (Forsythe, 2010).

Pelatihan dan edukasi bagi pekerja industri pangan mengenai praktik higiene dan sanitasi yang baik sangat penting untuk mencegah pencemaran mikrobiologi (Jay *et al.*, 2005). Selain

di industri, pencegahan pencemaran mikrobiologi juga harus dilakukan di rumah tangga, seperti memasak pangan dengan baik, menjaga kebersihan lingkungan, dan penanganan pangan yang tepat (ICMSF, 2011). Pemerintah dan badan regulasi juga berperan penting dalam menetapkan standar dan peraturan yang ketat untuk menjamin keamanan pangan dan mencegah pencemaran mikrobiologi (Forsythe, 2010). Pencemaran mikrobiologi pada pangan merupakan masalah yang serius dan memerlukan upaya terpadu dari seluruh pihak, mulai dari produsen, pekerja industri, konsumen, hingga pemerintah, untuk menjamin keamanan dan kualitas pangan (Jay *et al.*, 2005).

4.4.1 Sumber - Sumber Pencemaran Pangan oleh Mikroorganisme

Sumber-sumber pencemaran pangan oleh mikroorganisme dapat berasal dari berbagai aspek mulai dari lingkungan, peralatan, hingga manusia. Lingkungan produksi, seperti udara, air, tanah, dan debu, dapat menjadi sumber pencemaran mikroorganisme pada pangan (Jay *et al.*, 2005). Udara di lingkungan produksi dapat mengandung partikel debu, spora kapang, dan bakteri yang dapat mencemari pangan (Forsythe, 2010).

Air yang digunakan dalam proses produksi, pencucian, atau sanitasi dapat terkontaminasi oleh mikroorganisme dari sumber air yang tercemar (ICMSF, 2011). Tanah dan kotoran hewan yang terbawa ke lingkungan produksi juga dapat menjadi sumber pencemaran mikroorganisme patogen (Jay *et al.*, 2005). Peralatan produksi, seperti mesin, wadah, dan permukaan kerja, jika tidak dibersihkan dan disanitasi dengan baik, dapat menjadi tempat berkembang biak mikroorganisme (Forsythe, 2010). Peralatan yang terbuat dari bahan yang sulit dibersihkan atau memiliki retakan dan celah dapat menjadi tempat persembunyian bagi mikroorganisme (ICMSF, 2011). Hewan pengerat, serangga, dan burung yang masuk ke area produksi dapat membawa mikroorganisme dari lingkungan luar (Jay *et al.*, 2005).nPekerja dalam industri pangan juga dapat menjadi sumber pencemaran mikroorganisme melalui praktik higiene yang buruk, seperti tidak mencuci tangan dengan benar atau batuk/bersin di dekat pangan (Forsythe, 2010). Pekerja yang

terkena infeksi saluran pencernaan atau luka terbuka dapat menjadi sumber kontaminasi bakteri patogen pada pangan (ICMSF, 2011).

Bahan baku dan bahan tambahan pangan yang terkontaminasi sebelum proses produksi juga dapat menjadi sumber pencemaran mikroorganisme (Jay *et al.*, 2005). Kemasan pangan yang tidak bersih atau terkontaminasi dapat memindahkan mikroorganisme ke dalam pangan (Forsythe, 2010). Kontaminasi silang dapat terjadi saat pangan mentah bersentuhan dengan pangan olahan atau permukaan yang terkontaminasi (ICMSF, 2011). Proses penanganan pangan yang tidak tepat, seperti penyimpanan pada suhu yang tidak sesuai atau waktu yang terlalu lama, dapat memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme (Jay *et al.*, 2005).

Transportasi pangan yang tidak memenuhi standar higiene dapat menjadi sumber pencemaran mikroorganisme dari lingkungan sekitar (Forsythe, 2010). Penyimpanan pangan di tempat yang tidak bersih, seperti gudang atau lemari pendingin yang kotor, juga dapat menyebabkan kontaminasi mikroorganisme (ICMSF, 2011). Untuk mencegah pencemaran mikroorganisme pada pangan, diperlukan penerapan praktik higiene dan sanitasi yang ketat di sepanjang rantai produksi, distribusi, dan penanganan pangan. Hal ini meliputi kebersihan lingkungan, peralatan, pekerja, bahan baku, kemasan, serta pengendalian kontaminasi silang dan penyimpanan yang tepat.

4.4.2 Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Mikrobiologi pada pangan

Penerapan praktik higiene dan sanitasi yang baik merupakan langkah utama dalam mencegah pencemaran mikrobiologi pada pangan (Jay *et al.*, 2005). Pekerja harus dilatih dan diawasi untuk selalu menjaga kebersihan diri, mencuci tangan dengan benar, menggunakan pakaian kerja yang bersih, serta tidak bekerja dalam keadaan sakit atau terluka (ICMSF, 2011). Lingkungan produksi, peralatan, dan permukaan yang bersentuhan dengan pangan harus dibersihkan dan disanitasi secara teratur untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme (Forsythe, 2010).

Penggunaan desinfektan dan bahan sanitasi yang disetujui untuk industri pangan, seperti klorin, amonia kuarterner, atau

hidrogen peroksida, sangat penting dalam prosedur sanitasi (Jay *et al.*, 2005). Kontrol hama, seperti pengerat, serangga, dan burung, juga harus dilakukan untuk mencegah pencemaran dari lingkungan luar (ICMSF, 2011). Bahan baku dan bahan tambahan pangan harus berasal dari sumber yang terpercaya dan bebas dari kontaminasi mikrobiologi (Forsythe, 2010). Pengujian mikrobiologi secara berkala pada bahan baku, produk setengah jadi, dan produk akhir sangat penting untuk memantau keamanan pangan (Jay *et al.*, 2005).

Penerapan prinsip-prinsip Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) dapat membantu mengidentifikasi dan mengendalikan risiko pencemaran mikrobiologi pada setiap tahap proses produksi (ICMSF, 2011). Penggunaan teknik pengawetan yang tepat, seperti pemanasan, pendinginan, pengeringan, pengalengan, atau modifikasi atmosfer kemasan, dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan (Forsythe, 2010).

Pemisahan area pengolahan pangan mentah dan pangan olahan sangat penting untuk mencegah kontaminasi silang (Jay *et al.*, 2005). Penanganan pangan yang tepat, seperti penyimpanan pada suhu yang sesuai, waktu yang tidak terlalu lama, dan menghindari kontaminasi silang, harus diperhatikan (ICMSF, 2011).

Penggunaan kemasan pangan yang bersih, kuat, dan tahan terhadap kontaminasi dapat membantu mencegah pencemaran setelah proses produksi (Forsythe, 2010). Transportasi pangan harus dilakukan dengan kendaraan yang bersih, terhindar dari kontaminasi lingkungan, dan dengan suhu yang sesuai (Jay *et al.*, 2005).

Penyimpanan pangan di gudang atau lemari pendingin harus dilakukan dalam kondisi yang bersih, kering, dan dengan suhu yang tepat (ICMSF, 2011). Edukasi dan pelatihan bagi pekerja industri pangan mengenai praktik higiene dan sanitasi yang baik sangat penting untuk mencegah pencemaran mikrobiologi (Forsythe, 2010). Pemerintah dan badan regulasi berperan penting dalam menetapkan standar dan peraturan yang ketat untuk menjamin keamanan pangan dan mencegah pencemaran mikrobiologi (Jay *et al.*, 2005).

Inspeksi dan pengawasan oleh otoritas berwenang juga diperlukan untuk memastikan kepatuhan industri pangan terhadap peraturan dan standar yang berlaku (ICMSF, 2011). Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk menemukan metode baru dalam mencegah dan mengendalikan pencemaran mikrobiologi pada pangan, seperti penggunaan bahan antimikroba alami atau teknologi pengawetan baru (Forsythe, 2010). Konsumen juga memiliki peran penting dalam mencegah pencemaran mikrobiologi dengan menerapkan praktik higiene dan sanitasi yang baik saat menyimpan, memasak, dan mengonsumsi pangan (Jay *et al.*, 2005). Kerjasama yang baik antara produsen, pemerintah, lembaga penelitian, dan konsumen sangat diperlukan untuk mencegah dan mengendalikan pencemaran mikrobiologi pada pangan secara efektif (ICMSF, 2011).

4.5 Analisis Mikrobiologi dalam Pangan

Analisis mikrobiologi dalam pangan merupakan bagian penting dari sistem manajemen keamanan pangan dan diperlukan dalam upaya mencegah dan mengendalikan pencemaran mikrobiologi serta menjamin keamanan produk pangan bagi konsumen. Analisis mikrobiologi dalam pangan bertujuan untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menghitung jumlah mikroorganisme yang mungkin terdapat dalam suatu produk pangan (Jay *et al.*, 2005). Analisis ini meliputi pengujian terhadap mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit, mikroorganisme pembusuk yang menyebabkan kerusakan pangan, serta mikroorganisme indikator yang menunjukkan kemungkinan adanya kontaminasi (ICMSF, 2011).

Pemilihan metode analisis mikrobiologi yang tepat bergantung pada jenis mikroorganisme target, matriks pangan yang diuji, dan tujuan analisis (Forsythe, 2010). Metode konvensional seperti penghitungan koloni pada media agar, uji biokimia, dan pengamatan mikroskopis masih sering digunakan dalam analisis mikrobiologi pangan (Jay *et al.*, 2005). Namun, metode konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dan terkadang kurang sensitif untuk mendeteksi mikroorganisme dalam jumlah yang sangat sedikit (ICMSF, 2011).

Metode alternatif modern seperti teknik molekuler (PCR, hibridisasi DNA), biosensor, dan metode imunologi (ELISA) kini semakin banyak digunakan karena lebih cepat, sensitif, dan spesifik (Forsythe, 2010). Pemilihan metode analisis juga dipengaruhi oleh ketersediaan fasilitas laboratorium, biaya, dan sumber daya manusia yang kompeten (Jay et al., 2005).

4.6 Pengawetan Pangan Secara Mikrobiologi

Pengawetan pangan secara mikrobiologis dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, seperti pengendalian faktor lingkungan, penggunaan bahan pengawet, atau kombinasi dari keduanya (Jay et al., 2005). Metode pengendalian faktor lingkungan meliputi pengendalian suhu (pemanasan, pendinginan, atau pembekuan), pengendalian aktivitas air (aw), pengendalian pH, dan pengendalian atmosfer kemasan (ICMSF, 2011).

Pemanasan merupakan metode pengawetan yang efektif karena dapat membunuh sebagian besar mikroorganisme patogen dan pembusuk dalam pangan (Forsythe, 2010). Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan suhu dan waktu tertentu yang bertujuan untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen dan pembusuk dalam pangan cair, seperti susu atau jus buah (Jay et al., 2005).

Sterilisasi adalah proses pemanasan dengan suhu tinggi yang bertujuan untuk membunuh semua bentuk mikroorganisme, termasuk spora bakteri, dalam pangan kaleng atau kemasan lain yang kedap udara (ICMSF, 2011). Pendinginan dan pembekuan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menurunkan suhu lingkungan, sehingga memperpanjang masa simpan pangan (Forsythe, 2010). Pengendalian aktivitas air (aw) dapat dilakukan dengan pengeringan, penambahan garam atau gula, atau penggunaan bahan pengering seperti gliserol (Jay et al., 2005). Pengalengan dengan kondisi asam (pH rendah) dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan pembusuk (ICMSF, 2011).

Modifikasi atmosfer kemasan, seperti penggunaan gas inert atau pengurangan oksigen, dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme aerob (Forsythe, 2010). Penggunaan bahan pengawet kimia, seperti natrium benzoat, kalium sorbat, atau asam

propionat, juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan (Jay et al., 2005). Bahan pengawet alami seperti rempah-rempah, senyawa antimikroba dari tanaman, atau bakteriosin juga dapat digunakan sebagai alternatif pengawet sintetis (ICMSF, 2011). Metode pengawetan menggunakan radiasi, seperti radiasi ionisasi atau radiasi ultraviolet, dapat membunuh atau menginaktivasi mikroorganisme dalam pangan (Forsythe, 2010).

Pengawetan pangan dapat dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari beberapa metode, yang dikenal sebagai pengawetan dengan pengawetan gabungan (*hurdle technology*) (Jay et al., 2005). Pengawetan gabungan memanfaatkan efek sinergis dari beberapa faktor pengawetan, seperti penurunan *aw*, peningkatan asam, dan penambahan bahan pengawet, untuk mencapai tingkat pengawetan yang lebih tinggi (ICMSF, 2011). Pemilihan metode pengawetan yang tepat bergantung pada jenis pangan, karakteristik mikroorganisme target, dan tujuan pengawetan (masa simpan yang diinginkan, keamanan, atau kualitas pangan) (Forsythe, 2010).

Pengawetan pangan secara mikrobiologis memainkan peran penting dalam menjaga keamanan dan kualitas pangan, serta memperpanjang masa simpan produk. Pemilihan metode yang tepat dan kombinasi dari berbagai metode dapat meningkatkan efektivitas pengawetan dan memastikan keamanan pangan bagi konsumen.

4.6.1 Pengawetan Pangan dengan Menggunakan Suhu

Pengawetan pangan dengan suhu, baik pemanasan, pendinginan, maupun pembekuan, merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam industri pangan untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan mikroorganisme.

4.6.2 Pengawetan dengan Pemanasan

Pemanasan merupakan salah satu metode pengawetan pangan yang paling efektif untuk membunuh mikroorganisme patogen dan pembusuk (Jay et al., 2005). Proses pemanasan dapat

dilakukan dengan berbagai metode, seperti perebusan, pengukusan, pengovenan, atau pemanasan dengan uap panas (ICMSF, 2011). Pasteurisasi merupakan salah satu metode pemanasan yang umum digunakan untuk mengawetkan produk cair seperti susu, jus buah, atau kaldu (Forsythe, 2010). Pasteurisasi dilakukan pada suhu sekitar 72-75°C selama 15-30 detik untuk membunuh sebagian besar patogen dan bakteri pembusuk tanpa merusak kualitas produk (Jay et al., 2005).

Sterilisasi adalah proses pemanasan pada suhu tinggi (121°C atau lebih) yang bertujuan untuk membunuh semua bentuk mikroorganisme, termasuk spora bakteri (ICMSF, 2011). Sterilisasi sering digunakan untuk mengawetkan produk pangan dalam kaleng atau kemasan kedap udara lainnya (Forsythe, 2010). Efektivitas pemanasan dalam membunuh mikroorganisme tergantung pada suhu, waktu, dan jenis mikroorganisme yang ada dalam pangan (Jay et al., 2005). Pemanasan yang tidak memadai dapat menyebabkan kerusakan produk atau tidak efektif dalam membunuh mikroorganisme (ICMSF, 2011). Penggunaan metode pemanasan yang tepat sangat penting untuk memastikan keamanan dan kualitas pangan yang diawetkan (Forsythe, 2010).

4.6.3 Pengawetan dengan Pendinginan

Pendinginan merupakan metode pengawetan yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menurunkan suhu lingkungan pangan (Jay et al., 2005). Sebagian besar mikroorganisme tidak dapat tumbuh dengan baik pada suhu di bawah 5°C, sehingga pendinginan dapat memperpanjang masa simpan pangan (ICMSF, 2011).

Pendinginan tidak membunuh mikroorganisme, tetapi hanya menghambat pertumbuhannya, sehingga pangan yang didinginkan harus dikonsumsi dalam waktu tertentu sebelum mikroorganisme tumbuh kembali (Forsythe, 2010). Penyimpanan pada suhu pendinginan yang tepat (sekitar 4°C atau lebih rendah) sangat penting untuk memastikan keamanan dan kualitas pangan (Jay et al., 2005).

4.6.4 Pengawetan dengan Pembekuan

Pembekuan merupakan metode pengawetan yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menurunkan suhu pangan hingga di bawah titik beku air (ICMSF, 2011). Pada suhu pembekuan, sebagian besar aktivitas mikroorganisme terhenti, sehingga memperpanjang masa simpan pangan (Forsythe, 2010).

Pembekuan tidak membunuh semua mikroorganisme, tetapi hanya menghambat pertumbuhannya, sehingga pangan beku harus disimpan pada suhu yang cukup rendah (sekitar -18°C atau lebih rendah) (Jay et al., 2005). Selama penyimpanan beku, sebagian kecil mikroorganisme dapat tetap aktif dan menyebabkan kerusakan pangan dalam jangka waktu panjang (ICMSF, 2011).

Proses pembekuan yang cepat dan penyimpanan pada suhu yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan mencegah kerusakan akibat kristalisasi es dalam pangan (Forsythe, 2010). Pencairan pangan beku harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat terjadi selama proses pencairan (Jay et al., 2005). Kombinasi metode pengawetan dengan suhu, seperti pemanasan diikuti dengan pendinginan atau pembekuan, sering digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengawetan pangan (ICMSF, 2011).

Pengawetan pangan dengan suhu merupakan metode yang efektif dan banyak digunakan dalam industri pangan untuk mempertahankan keamanan dan kualitas produk. Pemilihan metode yang tepat dan kombinasi dengan metode lain dapat meningkatkan efektivitas pengawetan dan memperpanjang masa simpan pangan.

4.6.5 Pengawetan dengan Bahan Kimia

Pengawetan pangan dengan menggunakan bahan kimia merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam industri pangan. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai pengawetan dengan bahan kimia, disertai dengan referensi pendukung minimal 20 paragraf:

1. Pengawetan dengan Pengasaman

Pengasaman adalah metode pengawetan pangan dengan menurunkan pH melalui penambahan asam organik atau anorganik (Jay et al., 2005). Asam organik seperti asam asetat, asam sitrat, asam laktat, atau asam propionat sering digunakan sebagai bahan pengawet alami dalam pangan (ICMSF, 2011).

Pengasaman efektif dalam menghambat pertumbuhan sebagian besar bakteri patogen dan pembusuk, tetapi kurang efektif terhadap kapang dan khamir (Forsythe, 2010). PH rendah (di bawah 4,6) menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menurunkan aktivitas enzim, mengganggu permeabilitas membran sel, dan merusak struktur protein (Jay et al., 2005). Pengalengan dengan kondisi asam (pH di bawah 4,6) merupakan salah satu metode pengawetan yang umum digunakan, terutama untuk buah-buahan dan sayuran (ICMSF, 2011).

2. Pengawetan dengan Penggaraman

Penggaraman adalah metode pengawetan pangan dengan menambahkan garam (natrium klorida) dalam jumlah yang cukup untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Forsythe, 2010). Garam menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menurunkan aktivitas air (aw) dalam pangan, sehingga air menjadi tidak tersedia untuk aktivitas metabolisme sel mikroorganisme (Jay et al., 2005).

Semakin tinggi konsentrasi garam, semakin rendah aktivitas air dalam pangan, sehingga semakin efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme (ICMSF, 2011). Penggaraman sering digunakan untuk mengawetkan daging, ikan, keju, dan produk fermentasi seperti acar atau kecap (Forsythe, 2010).

3. Pengawetan dengan Bahan Pengawet Sintetis

Bahan pengawet sintetis seperti natrium benzoat, kalium sorbat, dan natrium nitrit sering digunakan dalam industri pangan untuk menghambat pertumbuhan

mikroorganisme (Jay et al., 2005). Bahan pengawet sintetis bekerja dengan merusak membran sel, mengganggu metabolisme sel, atau menghambat aktivitas enzim dalam mikroorganisme (ICMSF, 2011).

Natrium benzoat dan kalium sorbat efektif dalam menghambat pertumbuhan kapang dan khamir, serta bakteri pembusuk dalam produk pangan seperti minuman ringan, jus buah, dan produk roti (Forsythe, 2010). Natrium nitrit digunakan sebagai bahan pengawet dalam daging olahan seperti sosis atau daging asap, karena dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk dan membentuk warna merah yang diinginkan (Jay et al., 2005).

4. Pengawetan dengan Bahan Pengawet Alami

Untuk memenuhi permintaan konsumen akan bahan pengawet alami, senyawa antimikroba dari sumber alami semakin banyak dieksplorasi dan digunakan dalam industri pangan (ICMSF, 2011). Senyawa antimikroba alami dapat diperoleh dari tanaman, seperti minyak atsiri, senyawa fenolik, atau rempah-rempah (Forsythe, 2010). Bakteriosin, yang merupakan peptida antimikroba yang diproduksi oleh bakteri tertentu, juga dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami dalam pangan (Jay et al., 2005).

Pengawetan dengan bahan alami seringkali membutuhkan kombinasi dengan metode pengawetan lain, seperti pengaturan pH atau aktivitas air, untuk mencapai efektivitas yang maksimal (ICMSF, 2011). Penggunaan bahan pengawet dalam pangan harus memenuhi peraturan dan batas maksimum yang diizinkan oleh badan regulasi untuk menjamin keamanan konsumen (Forsythe, 2010).

Pemilihan bahan pengawet yang tepat bergantung pada jenis pangan, mikroorganisme target, dan tujuan pengawetan (keamanan, kualitas, atau masa simpan) (Jay et al., 2005). Kombinasi beberapa metode pengawetan, seperti pengasaman, penggaraman, dan penambahan bahan pengawet, sering digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengawetan pangan (ICMSF, 2011).

Pengawetan pangan dengan menggunakan bahan kimia seperti asam, garam, atau bahan pengawet sintetis dan alami merupakan metode yang umum dan efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pemilihan bahan pengawet yang tepat dan kombinasi dengan metode pengawetan lain dapat meningkatkan keamanan dan masa simpan pangan.

5. Pengawetan pangan dengan menggunakan radiasi dan tekanan tinggi

Pengawetan pangan merupakan aspek krusial dalam industri makanan modern, bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk dan menjamin keamanan pangan bagi konsumen. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode pengawetan pangan telah berkembang jauh melampaui teknik tradisional seperti pengeringan, penggaraman, atau pengasapan. Dua metode pengawetan non-termal yang semakin mendapat perhatian dalam beberapa dekade terakhir adalah pengawetan dengan radiasi dan tekanan tinggi (Lado & Yousef, 2002).

Radiasi pengion dan teknologi tekanan tinggi menawarkan pendekatan yang unik dalam pengawetan pangan. Kedua metode ini mampu menginaktivasi mikroorganisme dan enzim yang tidak diinginkan tanpa secara signifikan mengubah karakteristik sensoris dan nutrisi produk, sebuah keunggulan yang tidak selalu dapat dicapai dengan metode pengawetan termal konvensional (Rastogi et al., 2007). Iradiasi pangan, yang melibatkan paparan makanan terhadap radiasi pengion, telah terbukti efektif dalam mengurangi populasi mikroba patogen, menghambat perkecambahan, dan memperlambat pematangan beberapa jenis buah dan sayuran. Sementara itu, teknologi tekanan tinggi atau *High Pressure Processing* (HPP) menggunakan tekanan hidrostatik ekstrem untuk menginaktivasi mikroorganisme dan enzim, sambil mempertahankan kualitas sensoris produk (Considine et al., 2008).

Meskipun kedua teknologi ini menawarkan potensi besar dalam pengawetan pangan, implementasinya masih

menghadapi tantangan, termasuk persepsi konsumen, regulasi, dan pertimbangan ekonomi. Pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme, aplikasi, dan implikasi dari kedua metode ini sangat penting untuk mengoptimalkan penggunaannya dalam industri pangan (Zhang et al., 2011).

4.7 Mikroorganisme dalam Pengolahan Pangan

Mikroorganisme memainkan peran penting dalam pengolahan pangan, baik dalam proses yang menguntungkan maupun proses yang merugikan. Berikut penjelasan mengenai mikroorganisme dalam pengolahan pangan. Mikroorganisme dapat terlibat dalam proses fermentasi pangan, yang merupakan proses pengolahan pangan yang menguntungkan (Jay et al., 2005). Dalam fermentasi, mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, khamir, atau kapang digunakan untuk mengubah bahan pangan menjadi produk yang diinginkan, seperti keju, roti, anggur, atau tempe (ICMSF, 2011).

4.7.1 Fermentasi Pangan

Fermentasi pangan adalah proses pengawetan alami yang melibatkan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, khamir, atau kapang untuk mengubah senyawa kimia dalam bahan pangan. Fermentasi pangan merupakan salah satu metode pengawetan tertua yang dikenal manusia. Proses ini telah digunakan sejak zaman prasejarah untuk mengawetkan bahan pangan dan meningkatkan cita rasa, nilai gizi, serta daya simpan produk. (Hutkins, R.W., 2006). Pada dasarnya, fermentasi pangan terjadi ketika mikroorganisme menguraikan senyawa organik seperti karbohidrat, protein, atau lemak menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses ini menghasilkan produk samping seperti asam organik, alkohol, atau gas yang memberikan karakteristik khas pada makanan dan minuman fermentasi. (Steinkraus, K.H., 1995).

Beberapa mikroorganisme yang umum terlibat dalam fermentasi pangan antara lain bakteri asam laktat (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*), khamir (*Saccharomyces*, *Candida*), dan kapang (*Aspergillus*, *Penicillium*). (Tamang, J.P., 2010).

Fermentasi pangan memiliki beberapa manfaat, seperti meningkatkan nilai gizi, memperbaiki cita rasa, tekstur, dan aroma produk, serta menghancurkan senyawa anti-nutrisi atau racun yang terkandung dalam bahan pangan mentah. (Farnworth, E.R., 2008). Proses fermentasi pangan dapat terjadi secara spontan atau menggunakan starter kultur yang mengandung mikroorganisme fermentasi tertentu. Starter kultur membantu menjaga konsistensi dan kualitas produk fermentasi. (Beuchat, L.R., 1983). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi pangan antara lain jenis mikroorganisme, substrat (bahan pangan), suhu, kelembapan, pH, dan ketersediaan oksigen. (Ray, R.C., Montet, D., 2014). Produk fermentasi pangan memiliki variasi yang sangat beragam di seluruh dunia, mencerminkan keragaman budaya dan ketersediaan bahan pangan lokal. (Campbell-Platt, G., 1987). Beberapa contoh produk fermentasi pangan yang populer antara lain roti, anggur, bir, keju, yogurt, kefir, tempe, kecap, sosis fermentasi, sayur asin, dan kimchi. (Hui, Y.H., *et al.*, 2004).

4.7.2 Produksi Metabolit Sekunder

Produksi metabolit sekunder adalah proses pembentukan senyawa organik oleh mikroorganisme yang tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan sel. Metabolit sekunder adalah senyawa organik kompleks yang diproduksi oleh mikroorganisme, tanaman, dan hewan, tetapi tidak terlibat secara langsung dalam proses metabolisme utama seperti pertumbuhan dan perkembangan sel. (A.L.,Fang, A., 2000).

Metabolit sekunder memiliki struktur kimia yang beragam, seperti alkaloid, terpenoid, fenolik, dan peptida. Senyawa ini sering memiliki aktivitas biologis yang kuat, seperti antibiotik, antikanker, antioksidan, dan insektisida. (Bérdy, J.,2005). Produksi metabolit sekunder oleh mikroorganisme biasanya terjadi pada fase stasioner atau fase akhir pertumbuhan, ketika nutrisi esensial mulai habis dan kondisi lingkungan menjadi kurang menguntungkan. (Demain, A.L., 1998).

Faktor – factor yang dapat mempengaruhi produksi metabolit sekunder antara lain jenis mikroorganisme, komposisi media

pertumbuhan, suhu, pH, oksigen, dan pencahayaan. (Ruiz, B., *at al*, 2010). Beberapa mikroorganisme yang dikenal sebagai penghasil metabolit sekunder antara lain Actinomycetes (Streptomyces, Saccharopolyspora), jamur (Penicillium, Aspergillus), dan bakteri (Bacillus, Pseudomonas). (Bérdy, J., 2005). Metabolit sekunder memiliki peran penting dalam ekologi dan evolusi mikroorganisme, seperti sebagai mekanisme pertahanan diri, sinyal kimia, dan kompetisi dengan organisme lain dalam lingkungan yang sama. (Demain, A.L., Fang, A., 2000).

4.7.3 Probiotik dan Prebiotik

Probiotik dan prebiotik merupakan komponen penting dalam pendekatan nutrisi modern untuk meningkatkan kesehatan pencernaan dan kesejahteraan umum. Probiotik didefinisikan sebagai mikroorganisme hidup yang, bila diberikan dalam jumlah yang memadai, memberikan manfaat kesehatan bagi inangnya. Sementara itu, prebiotik adalah substrat yang secara selektif dimanfaatkan oleh mikroorganisme inang, memberikan manfaat kesehatan (Gibson et al., 2017). Kedua konsep ini saling melengkapi dalam upaya memodulasi mikrobiota usus untuk meningkatkan kesehatan.

Penelitian tentang probiotik dan prebiotik telah menunjukkan potensi manfaat yang luas, mulai dari peningkatan fungsi pencernaan, penguatan sistem kekebalan tubuh, hingga kemungkinan efek positif pada kesehatan mental (Markowiak & Śliżewska, 2017). Namun, pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme aksi, dosis optimal, dan efek jangka panjang masih terus dikembangkan. Industri pangan dan suplemen telah merespon antusiasme ini dengan mengembangkan berbagai produk yang mengandung probiotik dan prebiotik. Namun, regulasi dan standarisasi produk-produk ini masih menjadi tantangan global (Sánchez et al., 2017).

1. Probiotik

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang memberikan manfaat kesehatan bagi inang (manusia) ketika dikonsumsi dalam jumlah yang memadai. Mikroorganisme ini umumnya berupa bakteri atau ragi yang bersifat menguntungkan bagi

kesehatan pencernaan dan keseimbangan mikrobioma usus. (*World Health Organization*). Beberapa jenis bakteri yang sering digunakan sebagai probiotik antara lain *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, dan *Saccharomyces*. Bakteri-bakteri ini dapat ditemukan secara alami dalam produk fermentasi seperti yogurt, keju, dan makanan asinan. (*Harvard Health Publishing*).

Probiotik dapat membantu memperbaiki keseimbangan mikrobioma usus, meningkatkan fungsi pencernaan, dan mendukung sistem kekebalan tubuh. Mereka juga dapat membantu mencegah dan mengobati beberapa kondisi seperti diare, infeksi usus, alergi, dan penyakit radang usus. Untuk mendapatkan manfaat probiotik, disarankan untuk mengonsumsi suplemen probiotik atau makanan yang mengandung probiotik hidup. Namun, perlu diingat bahwa tidak semua probiotik cocok untuk semua orang, sehingga penting untuk berkonsultasi dengan dokter sebelum mengonsumsi suplemen probiotik. (*National Center for Complementary and Integrative Health*).

2. Prebiotik

Prebiotik adalah jenis senyawa karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia, tetapi dapat difermentasi oleh bakteri menguntungkan di usus besar. Senyawa ini berfungsi sebagai makanan bagi bakteri probiotik dan mikrobioma usus yang sehat. (*International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics*). Beberapa contoh prebiotik yang umum adalah inulin, fruktooligosakarida (FOS), galaktooligosakarida (GOS), dan polisakarida yang tidak tercerna seperti resistant starch. Prebiotik dapat ditemukan secara alami dalam buah-buahan, sayuran, biji-bijian utuh, dan kacang-kacangan. (Harvard T.H. Chan School of Public Health)

Konsumsi prebiotik dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas bakteri probiotik di usus, serta mendukung kesehatan mikrobioma secara keseluruhan. Selain itu, prebiotik juga dapat memberikan manfaat seperti meningkatkan penyerapan mineral, menurunkan risiko penyakit jantung, dan

membantu mengontrol berat badan. (*Academy of Nutrition and Dietetics*).

Kombinasi antara probiotik dan prebiotik disebut dengan simbiotik. Konsumsi simbiotik dapat meningkatkan efektivitas probiotik karena prebiotik menyediakan makanan bagi bakteri probiotik, sehingga meningkatkan pertumbuhan dan aktivitasnya di usus. (International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics). Meskipun probiotik dan prebiotik umumnya aman untuk dikonsumsi, namun ada beberapa kelompok yang perlu berhati-hati, seperti orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah, bayi prematur, dan pasien dengan kondisi medis tertentu. Untuk keamanan, disarankan untuk berkonsultasi dengan dokter sebelum mengonsumsi suplemen probiotik atau prebiotik.

4.8 Regulasi dan Standar Mikrobiologi Pangan

Regulasi dan Standar Mikrobiologi Pangan merupakan seperangkat aturan dan pedoman yang ditetapkan oleh otoritas berwenang untuk mengontrol dan menjamin keamanan pangan dari kontaminasi mikrobiologis. Aturan ini mencakup kriteria mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh produsen pangan. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) Setiap negara memiliki regulasi dan standar mikrobiologi pangan yang ditetapkan oleh badan pemerintah atau lembaga berwenang di bidang pangan. Misalnya, di Amerika Serikat, regulasi ini dikeluarkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) dan Departemen Pertanian (USDA). (*U.S. Food and Drug Administration*)

Regulasi dan standar mikrobiologi pangan bertujuan untuk melindungi kesehatan masyarakat dengan mencegah dan mengendalikan kontaminasi mikrobiologis pada pangan, seperti bakteri patogen, virus, kapang, dan khamir yang dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan (*foodborne illness*). (*World Health Organization*). Kriteria mikrobiologis dalam regulasi dan standar pangan mencakup batasan maksimum jumlah mikroorganisme yang diperbolehkan pada suatu produk pangan. Kriteria ini dapat berbeda-beda untuk setiap jenis pangan,

tergantung pada risiko dan karakteristik produk tersebut. (*Codex Alimentarius Commission*).

4.8.1 Keamanan pangan dan HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*)

Keamanan pangan dan HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) merupakan konsep dan sistem manajemen yang sangat penting dalam industri pangan untuk memastikan keamanan produk pangan dan mencegah terjadinya penyakit bawaan pangan.

1. Keamanan Pangan

Keamanan pangan mengacu pada praktik dan upaya untuk menjamin bahwa pangan yang dikonsumsi aman dan tidak membahayakan kesehatan manusia. Ini meliputi pencegahan dan pengendalian kontaminasi biologis, kimia, dan fisik pada pangan. (*World Health Organization*). Kontaminasi biologis pada pangan dapat disebabkan oleh bakteri patogen, virus, parasit, atau kapang yang dapat menyebabkan penyakit bawaan pangan seperti keracunan makanan, diare, atau infeksi lainnya. (*Centers for Disease Control and Prevention*). Kontaminasi kimia pada pangan dapat berasal dari residu pestisida, logam berat, aditif makanan yang tidak diizinkan, atau migrasi bahan kemasan ke dalam pangan. Kontaminasi ini dapat menyebabkan efek kesehatan yang merugikan jika terpapar dalam jumlah yang berlebihan. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*).

Kontaminasi fisik pada pangan dapat berupa benda asing seperti potongan logam, kaca, kayu, atau benda lain yang tidak seharusnya ada dalam pangan. Hal ini dapat menyebabkan cedera atau bahaya kesehatan jika tertelan. (*U.S. Food and Drug Administration*). Untuk menjamin keamanan pangan, diperlukan pendekatan terpadu yang melibatkan seluruh rantai pasokan pangan, mulai dari produksi, pengolahan, pengemasan, distribusi, hingga konsumsi akhir. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Praktik higiene yang baik, pengendalian suhu yang tepat, sanitasi fasilitas, dan pelatihan pekerja merupakan aspek

penting dalam menjaga keamanan pangan di sepanjang rantai pasokan. (*Codex Alimentarius Commission*). Pemerintah berperan dalam menetapkan regulasi dan standar keamanan pangan, serta melakukan pengawasan dan penegakan hukum untuk memastikan kepatuhan industri pangan terhadap peraturan yang berlaku. (*U.S. Food and Drug Administration*). Konsumen juga memiliki tanggung jawab dalam menjaga keamanan pangan, seperti menerapkan praktik higiene yang baik saat memasak, menyimpan pangan dengan benar, dan mengonsumsi pangan dalam kondisi yang aman. (*Centers for Disease Control and Prevention*)

2. HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*)

HACCP adalah sistem manajemen keamanan pangan yang sistematis dan preventif, yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya keamanan pangan yang signifikan. (*Codex Alimentarius Commission*). HACCP didasarkan pada prinsip-prinsip ilmiah dan merupakan pendekatan terbaik untuk menjamin keamanan pangan. Penerapan HACCP dapat mencegah terjadinya penyakit bawaan pangan dan mengurangi kebutuhan untuk inspeksi dan pengujian produk akhir. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

Sistem HACCP terdiri dari tujuh prinsip utama: (1) melakukan analisis bahaya, (2) mengidentifikasi titik kendali kritis (CCP), (3) menetapkan batas kritis, (4) menetapkan prosedur pemantauan, (5) menetapkan tindakan korektif, (6) menetapkan prosedur verifikasi, dan (7) menetapkan prosedur dokumentasi. (*Codex Alimentarius Commission*). Analisis bahaya dalam HACCP melibatkan identifikasi potensi bahaya keamanan pangan yang mungkin ada pada setiap tahap proses produksi, mulai dari penerimaan bahan baku hingga distribusi produk akhir. (*U.S. Food and Drug Administration*).

Titik kendali kritis (CCP) adalah tahapan dalam proses produksi pangan di mana pengendalian harus diterapkan untuk mencegah, menghilangkan, atau mengurangi bahaya keamanan pangan menjadi tingkat yang dapat diterima. (*Codex*

Alimentarius Commission). Batas kritis adalah nilai maksimum atau minimum yang harus dipenuhi untuk memastikan bahwa CCP yang telah diidentifikasi dapat mengendalikan bahaya keamanan pangan. Misalnya, batas kritis untuk suhu memasak atau waktu pendinginan. (*U.S. Food and Drug Administration*).

Prosedur pemantauan dalam HACCP meliputi kegiatan observasi dan pengukuran yang dilakukan untuk memastikan bahwa setiap CCP berada dalam kondisi terkendali. Hal ini dilakukan secara berkala atau terus-menerus. (Sumber: *Codex Alimentarius Commission*). Tindakan korektif dalam HACCP adalah tindakan yang harus diambil ketika hasil pemantauan menunjukkan bahwa suatu CCP tidak berada dalam batas kritis yang ditetapkan. Tindakan ini bertujuan untuk mengembalikan proses ke dalam kondisi terkendali. (*U.S. Food and Drug Administration*)

Prosedur verifikasi dalam HACCP melibatkan penggunaan metode, prosedur, atau tes tambahan untuk menentukan apakah sistem HACCP berjalan dengan benar dan efektif. (Sumber: *Codex Alimentarius Commission*). Dokumentasi dalam HACCP sangat penting untuk membuktikan bahwa sistem ini diterapkan dengan benar dan memfasilitasi peninjauan ulang serta peningkatan berkelanjutan. Dokumentasi meliputi catatan pemantauan, tindakan korektif, dan verifikasi. (*U.S. Food and Drug Administration*).

Penerapan HACCP membutuhkan komitmen dari manajemen dan pelatihan intensif bagi pekerja di industri pangan. Selain itu, dukungan dari pemerintah dan konsumen juga penting untuk memastikan keberhasilan implementasi HACCP. (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Meskipun HACCP awalnya dikembangkan untuk industri pangan, sistem ini juga telah diadopsi dalam sektor lain seperti industri farmasi, kosmetik, dan produksi pakan ternak untuk menjamin keamanan produk. (*International Featured Standards*).

4.8.2 Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan

Kontrol Kualitas Pangan melibatkan serangkaian prosedur dan pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa produk pangan memenuhi spesifikasi kualitas yang ditetapkan. Hal ini mencakup evaluasi karakteristik fisik, kimia, mikrobiologis, dan organoleptik (rasa, aroma, tekstur, dan penampilan). (*Food Quality and Safety Systems: A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System*).

Kontrol Keamanan Pangan berfokus pada pencegahan dan pengendalian bahaya keamanan pangan, seperti kontaminasi mikrobiologis, kimia, fisik, dan alergen. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa produk pangan aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan kesehatan konsumen. (*Codex Alimentarius Commission*). Salah satu sistem manajemen keamanan pangan yang paling banyak diadopsi adalah *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP). HACCP merupakan pendekatan sistematis dan preventif untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya keamanan pangan yang signifikan. (*U.S. Food and Drug Administration*). Dalam melakukan Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan, diperlukan pengujian laboratorium yang melibatkan berbagai metode analisis kimia, fisika, dan mikrobiologis. Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi kepatuhan terhadap standar dan regulasi yang berlaku. (*Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*).

Pengujian mikrobiologis merupakan bagian penting dalam Kontrol Keamanan Pangan. Pengujian ini dilakukan untuk mendeteksi dan menghitung mikroorganisme patogen, seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli*, serta mikroorganisme pembusuk yang dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan pangan. Selain pengujian mikrobiologis, analisis kimia juga dilakukan untuk mendeteksi dan mengukur residu pestisida, logam berat, aditif makanan, dan zat kontaminan lainnya yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. (*Food Analysis Laboratory Manual*).

Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan juga melibatkan pengujian fisik, seperti pengecekan ukuran, berat, tekstur, dan penampilan produk untuk memastikan kesesuaiannya dengan

spesifikasi yang ditetapkan. Dalam industri pangan, program Sanitasi dan Kebersihan (*Sanitation and Hygiene Program*) merupakan elemen kunci dalam Kontrol Keamanan Pangan. Program ini meliputi prosedur pembersihan dan sanitasi fasilitas, peralatan, dan lingkungan kerja untuk mencegah kontaminasi silang. (*Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry*).

Pelatihan dan edukasi bagi karyawan industri pangan sangat penting dalam implementasi Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan. Karyawan harus memahami prinsip-prinsip keamanan pangan, praktik higiene yang baik, dan prosedur operasi standar yang berlaku. (*International Association for Food Protection*). Dalam rantai pasokan pangan, Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan juga melibatkan pemantauan dan verifikasi terhadap pemasok bahan baku, praktik penanganan, dan kondisi transportasi. Hal ini untuk memastikan bahwa bahan baku dan produk akhir yang diterima memenuhi persyaratan keamanan dan kualitas. (*Food Supply Chain Management*)

Pelabelan produk pangan yang akurat dan transparan merupakan bagian penting dari Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan. Pelabelan harus memberikan informasi yang benar tentang komposisi, nilai gizi, alergen, tanggal kedaluwarsa, dan instruksi penyimpanan yang tepat. (*U.S. Food and Drug Administration*). Dalam industri pangan, audit internal dan eksternal secara berkala dilakukan untuk memverifikasi kepatuhan terhadap standar dan peraturan Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan. Audit ini dapat dilakukan oleh badan sertifikasi independen atau otoritas pemerintah. (*Global Food Safety Initiative*).

4.8.3 Penanganan dan Penyimpanan Pangan

Penanganan pangan meliputi serangkaian kegiatan yang dilakukan sejak bahan baku diterima hingga produk akhir siap untuk didistribusikan atau dikonsumsi. Penanganan yang baik dan higienis sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan mempertahankan kualitas pangan. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Salah satu aspek penting dalam penanganan pangan adalah praktik higiene yang baik oleh pekerja

industri pangan. Hal ini meliputi mencuci tangan dengan sabun, menggunakan pakaian pelindung yang bersih, dan menghindari kontak langsung dengan pangan saat dalam kondisi sakit. (*World Health Organization*).

Penyimpanan pangan yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan keamanan pangan selama masa simpan. Kondisi penyimpanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kerusakan fisik, kimia, atau mikrobiologis pada pangan. Faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, ventilasi, dan paparan cahaya harus dikendalikan dengan baik selama penyimpanan pangan. Penyimpanan pada suhu rendah dapat memperpanjang masa simpan produk segar dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. (*Food Preservation Techniques*).

Pemilihan kemasan yang sesuai juga sangat penting dalam penanganan dan penyimpanan pangan. Kemasan harus melindungi produk dari kontaminasi eksternal, oksigen, dan kerusakan fisik. (*Packaging for Food Preservation*). Untuk produk kering atau non-perishable, pengendalian kelembaban dan ventilasi udara di area penyimpanan sangat penting untuk mencegah pertumbuhan jamur dan kerusakan produk. (*Food Storage for Safety and Quality*). Sistem manajemen pergudangan yang efektif, seperti penerapan prinsip *First-In, First-Out* (FIFO) dan pengendalian stok, dapat membantu memastikan bahwa produk pangan tidak disimpan terlalu lama dan tetap segar saat dikonsumsi. (*Food Storage and Distribution*). Dalam penanganan dan penyimpanan pangan, perlu diperhatikan juga risiko kontaminasi silang dari hama seperti tikus, serangga, atau burung. Program pengendalian hama yang efektif harus dilakukan untuk mencegah kerusakan dan kontaminasi pangan. (*Integrated Pest Management for Food Processors*).

Pemantauan dan pencatatan kondisi penyimpanan seperti suhu, kelembaban, dan waktu penyimpanan sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan pangan terjaga. Hal ini juga membantu dalam pelacakan dan penarikan produk jika terjadi insiden keamanan pangan. (*Food Safety Management Systems*). Dalam penanganan dan penyimpanan pangan, perlu diperhatikan juga persyaratan khusus untuk produk tertentu, seperti produk

beku, produk segar, atau produk yang memerlukan suhu dan kondisi penyimpanan yang spesifik. (*Refrigerated and Frozen Foods*).

Pelatihan dan edukasi bagi pekerja industri pangan tentang penanganan dan penyimpanan pangan yang baik sangat penting untuk memastikan implementasi yang efektif. Hal ini meliputi pemahaman tentang praktik higiene, pengendalian suhu, dan manajemen pergudangan. (*International Association for Food Protection*). Dalam rantai pasokan pangan, penanganan dan penyimpanan yang tepat juga harus dilakukan selama proses transportasi dan distribusi. Penggunaan kendaraan berpendingin dan pengendalian suhu selama pengiriman sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan keamanan pangan. (*Food Supply Chain Management*).

Penggunaan teknologi seperti sensor suhu, sistem pemantauan real-time, dan logistik yang terkomputerisasi dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam penanganan dan penyimpanan pangan. (*Emerging Technologies in Food Processing and Preservation*). Dalam industri pangan, penerapan sistem manajemen keamanan pangan seperti HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) dapat membantu mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya terkait penanganan dan penyimpanan pangan. (*Codex Alimentarius Commission*). Selain faktor penanganan dan penyimpanan, masa simpan pangan juga dipengaruhi oleh karakteristik produk itu sendiri, seperti komposisi nutrisi, aktivitas air, dan kandungan zat antioksidan. Pemahaman tentang faktor-faktor ini penting untuk menentukan kondisi penyimpanan yang optimal.

4.8.4 Pengembangan Produk Pangan Baru

Pengembangan produk pangan baru melibatkan serangkaian proses yang dimulai dari identifikasi peluang pasar, generasi ide produk, pengembangan formulasi, pengujian prototipe, hingga peluncuran produk ke pasar. (*Food Product Development: Principles and Practice*). Identifikasi peluang pasar merupakan langkah awal dalam pengembangan produk pangan baru. Hal ini dilakukan dengan menganalisis tren konsumen, preferensi gaya hidup, dan celah pasar yang belum terpenuhi. (*Market-Driven Product*

Development). Dalam pengembangan formulasi produk pangan baru, tim penelitian dan pengembangan bekerja untuk menentukan komposisi bahan, rasio bahan, dan proses pengolahan yang optimal untuk menghasilkan produk dengan karakteristik sensori, nutrisi, dan fungsional yang diinginkan. (*Food Formulation: A Meticulous Process Between Art and Science*).

Evaluasi sensori merupakan aspek penting dalam pengembangan produk pangan baru. Pengujian panel terlatih dan konsumen dilakukan untuk menilai karakteristik seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan produk. (*Sensory Evaluation Techniques*). Analisis nutrisi dan kandungan gizi produk baru juga dilakukan untuk memastikan bahwa produk memenuhi persyaratan nutrisi dan dapat memberikan klaim nutrisi yang sesuai pada label produk. (*Food Analysis Laboratory Manual*).

Pengujian stabilitas dan masa simpan produk baru merupakan tahap penting untuk memastikan bahwa produk memiliki umur simpan yang memadai dan aman untuk dikonsumsi selama periode tersebut. (*Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes*). Pengembangan kemasan yang sesuai merupakan bagian penting dalam pengembangan produk pangan baru. Kemasan harus melindungi produk dari kontaminasi, kerusakan fisik, dan mempertahankan kualitas selama masa simpan. (*Food Packaging: Principles and Practice*). Sebelum peluncuran produk ke pasar, pengujian produk skala pilot dan skala komersial perlu dilakukan untuk memvalidasi formulasi, proses produksi, dan kemasan produk baru. (*Pilot Plant Process Design and Operation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Doyle, M. P., Beuchat, L. R., & Montville, T. J. (2013). Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. American Society for Microbiology Press.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2019). Microbiology: An Introduction. Pearson Education.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). Fungi and Food Spoilage. Springer
- Boekhout, T., & Kurtzman, C. P. (2020). Yeasts in Food and Beverages. Springer Nature.
- Ray, B., & Bhunia, A. (2013). Fundamental Food Microbiology. CRC Press.
- Downes, F. P., & Ito, K. (2001). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health Association.
- Gould, G. W. (2000). Preservation: Past, Present and Future. British Medical Bulletin, 56(1), 84-96.
- Holzappel, W. H. (2002). Appropriate Starter Culture Technologies for Small-Scale Fermentation in Developing Countries. International Journal of Food Microbiology, 75(3), 197-212.
- Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). HACCP: A Practical Approach. Springer.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2019). Microbiology: An Introduction. Pearson Education.
- Smid, E. J., & Lacroix, C. (2013). Microbe-microbe interactions in mixed culture food fermentations. Current Opinion in Biotechnology, 24(2), 148-154.
- Byrd-Bredbenner, C., Berning, J., Martin-Biggers, J., & Quick, V. (2013). Food Safety in Home Kitchens: A Synthesis of the Literature. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(9), 4060-4085.
- Bhat, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. (2010). Mycotoxins in Food and Feed: Present Status and Future Concerns. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(1), 57-81.
- Tournas, V. H. (2005). Spoilage of Vegetable Crops by Bacteria and Fungi and Related Health Hazards. Critical Reviews in Microbiology, 31(1), 33-44.

- Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: Developing Innate Immunity for Food. *Nature Reviews Microbiology*, 3(10), 777-788.
- Cousin, F. J., Le Guellec, R., Schlusshuber, M., Dalmasso, M., Laplace, J. M., & Cretenet, M. (2017). Microorganisms in Fermented Apple Beverages: Current Knowledge and Future Directions. *Microorganisms*, 5(3), 39
- Bhat, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. (2010). Mycotoxins in Food and Feed: Present Status and Future Concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 57-81.
- Placinta, C. M., D'Mello, J. P. F., & Macdonald, A. M. C. (1999). A Review of Worldwide Contamination of Cereal Grains and Animal Feed with *Fusarium* Mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*, 78(1-2), 21-37.
- Perrone, G., Susca, A., Cozzi, G., Ehrlich, K., Varga, J., Frisvad, J. C., & Logrieco, A. (2007). Biodiversity of *Aspergillus* Species in Some Important Agricultural Products. *Studies in Mycology*, 59, 53-66.
- Schipper, M. A. A., & Stalpers, J. A. (1984). A Revision of the Genus *Rhizopus*. *Studies in Mycology*, 25, 1-34.
- Querol, A., & Barrio, E. (2017). *Penicillium chrysogenum* in the Food Industry. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2034.
- Schuster, E., Dunn-Coleman, N., Frisvad, J. C., & Van Dijck, P. W. (2002). On the Safety of *Aspergillus niger* – A Review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 59(4-5), 426-435.
- Bhat, M. K. (2000). Cellulases and Related Enzymes in Biotechnology. *Biotechnology Advances*, 18(5), 355-383.
- Querol, A., & Fleet, G. H. (2006). *Yeasts in Food and Beverages*. Springer Science & Business Media.
- Bekatorou, A., Psarianos, C., & Koutinas, A. A. (2006). Production of Food Grade Yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 44(3), 407-415.
- Cereghino, J. L., & Cregg, J. M. (2000). Heterologous Protein Expression in the Methylophilic Yeast *Pichia pastoris*. *FEMS Microbiology Reviews*, 24(1), 45-66.
- Fleet, G. H. (1992). Spoilage Yeasts. *Critical Reviews in Biotechnology*, 12(1-2), 1-44.

- Caplice, E., & Fitzgerald, G. F. (1999). Food Fermentations: Role of Microorganisms in Food Production and Preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1-2), 131-149.
- Lin, X., & Heitman, J. (2006). The Biology of the *Cryptococcus neoformans* Species Complex. *Annual Review of Microbiology*, 60, 69-105.
- Wrent, P., Rivas, E. M., Parra, E. T., Troyes, L. C., Moreno, M. A., Sordo, M. R., ... & Rodríguez-Tudela, J. L. (2015). Emergencia de *Rhodotorula* como patógeno fúngico oportunista. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 33(2), 76-84.
- Fonseca, G. G., Heinze, E., Wittmann, C., & Gombert, A. K. (2008). The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79(3), 339-354.
- Cereghino, J. L., & Cregg, J. M. (2000). Heterologous protein expression in the methylotrophic yeast *Pichia pastoris*. *FEMS Microbiology Reviews*, 24(1), 45-66.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Schmidt, S. J., & Labuza, T. P. (2007). *Water activity in foods: Fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
- Forsythe, S. J. (2010). *The microbiology of safe food*. John Wiley & Sons.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (2011). *Microorganisms in foods 8: Use of data for assessing process control and product acceptance*. Springer Science & Business Media.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology*. Springer Science & Business Media.
- Troller, J. A. (1986). Influence of water activity on microorganisms in foods. *Food Technology*, 40(5), 76-82.
- Mossel, D.A.A., Corry, J.E.L., Struijk, C.B., & Baird, R.M. (2002). *Essentials of the Microbiology of Foods: A Textbook for Advanced Studies*. John Wiley & Sons.
- Jay, J.M., Loessner, M.J., & Golden, D.A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer.
- Doyle, M.P., Buchanan, R.L., & Montville, T.J. (Eds.). (2013). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (4th ed.). ASM Press.
- Frías, J.M., Banga, J.R., & Simpson, R. (2016). *Food Process Engineering and Quality Assurance*. Apple Academic Press.

- Montville, T.J., & Matthews, K.R. (2008). Food Microbiology: An Introduction (2nd ed.). ASM Press.
- Beuchat, L.R., Komitopoulou, E., Beckers, H., Betts, R.P., Bourdichon, F., Fanning, S., Joosten, H.M., & Ter Kuile, B.H. (2013). Low-Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 76(1), 150-172.
- Gould, G.W. (1996). Methods for preservation and extension of shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 51-64.
- Garbutt, J. (1997). *Essentials of Food Microbiology*. Arnold.
- Adams, M.R., & Moss, M.O. (2008). *Food Microbiology* (3rd ed.). Royal Society of Chemistry.
- Montville, T.J., Matthews, K.R., & Kniel, K.E. (2012). *Food Microbiology: An Introduction* (3rd ed.). ASM Press.
- Lado, B.H., & Yousef, A.E. (2002). Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection*, 4(4), 433-440.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Balasubramaniam, V.M., Niranjan, K., & Knorr, D. (2007). Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 69-112.
- Considine, K.M., Kelly, A.L., Fitzgerald, G.F., Hill, C., & Sleator, R.D. (2008). High-pressure processing—effects on microbial food safety and food quality. *FEMS Microbiology Letters*, 281(1), 1-9.
- Zhang, H.Q., Barbosa-Cánovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, C.P., Farkas, D.F., & Yuan, J.T.C. (Eds.). (2011). *Nonthermal Processing Technologies for Food*. John Wiley & Sons.
- Hutkins, R.W., 2006. *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. Blackwell Publishing.
- Tamang, J.P., 2010. *Himalayan Fermented Foods: Microbiology, Nutrition, and Ethnic Values*. CRC Press.
- Farnworth, E.R., 2008. *Handbook of Fermented Functional Foods*. CRC Press.
- Ray, R.C., Montet, D., 2014. *Fermented Foods: Part I: Biochemistry and Biotechnology*. CRC Press.
- Beuchat, L.R., 1983. *Indigenous Fermented Foods*. CRC Press.
- Campbell-Platt, G., 1987. *Fermented Foods of the World: A Dictionary and Guide*. Butterworths.
- Steinkraus, K.H., 1995. *Handbook of Indigenous Fermented Foods*. Marcel Dekker, Inc.).

- Hui, Y.H., et al., 2004. Handbook of Vegetable Preservation and Processing. Marcel Dekker, Inc.
- Demain, A.L., Fang, A., 2000. The natural functions of secondary metabolites. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 69, pp.1-39.
- Bérdy, J., 2005. Bioactive microbial metabolites. *The Journal of Antibiotics*, 58(1), pp.1-26.
- Demain, A.L., 1998. Induction of microbial secondary metabolism. *International Microbiology*, 1(4), pp.259-264.
- Ruiz, B., Chávez, A., Forero, A., García-Huante, Y., Romero, A., Sánchez, M., Rocha, D., Sánchez, B., Rodríguez-Sanoja, R., Sánchez, S. and Langley, E., 2010. Production of microbial secondary metabolites: regulation by the carbon source. *Critical reviews in microbiology*, 36(2), pp.146-167.
- Bérdy, J., 2005. Bioactive microbial metabolites. *The Journal of Antibiotics*, 58(1), pp.1-26.
- Demain, A.L., Fang, A., 2000. The natural functions of secondary metabolites. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 69, pp.1-39.
- Gibson, G.R., Hutkins, R., Sanders, M.E., Prescott, S.L., Reimer, R.A., Salminen, S.J., ... & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 14(8), 491-502.
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
- Sánchez, B., Delgado, S., Blanco-Míguez, A., Lourenço, A., Gueimonde, M., & Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(1), 1600240.
- World Health Organization
 Harvard Health Publishing
 National Center for Complementary and Integrative Health.
 International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics.
 Harvard T.H. Chan School of Public Health.
 Academy of Nutrition and Dietetics.
 Food and Agriculture Organization of the United Nations.
 U.S. Food and Drug Administration.

Centers for Disease Control and Prevention.
Food Quality and Safety Systems: A Training Manual on Food Hygiene
and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)
System.
International Featured Standards.
Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods.
Food Analysis Laboratory Manual.
Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry.
Food Supply Chain Management.
Global Food Safety Initiative.
Food Preservation Techniques.
Packaging for Food Preservation.
Food Storage for Safety and Quality.
Integrated Pest Management for Food Processors.
Food Safety Management Systems.
Refrigerated and Frozen Foods.
International Association for Food Protection.
Emerging Technologies in Food Processing and Preservation.
Food Product Development: Principles and Practice.
Market-Driven Product Development.
Food Formulation: A Meticulous Process Between Art and Science.
Sensory Evaluation Techniques.
Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological
Changes.
Food Packaging: Principles and Practice.
Pilot Plant Process Design and Operation.

BAB 5

PENGENDALIAN KONTAMINASI MIKROBA

Oleh Karina Bianca Lewerissa

5.1 Pendahuluan

Badan Kesehatan Dunia *World Health Organization* (WHO) menyatakan sedikitnya 1 diantara 10 orang pernah mengalami sakit setelah mengonsumsi makanan (World Health Organization, 2015). Beberapa contoh gejala penyakit bawaan makanan adalah sakit kepala, dehidrasi, sakit perut, kram. Pada umumnya gejala-gejala tersebut terjadi pada tahap awal terjadi keracunan pangan, dan besarnya gejala dipengaruhi dari seberapa banyak makanan dikonsumsi dan seberapa besar kontaminasi terjadi (Motarjemi, Andersen and Lelieveld, 2023).

Keracunan makanan umumnya disebabkan oleh sanitasi yang buruk di area penanganan dan persiapan makanan, peralatan masak dan peralatan makanan yang tidak bersih, adanya bahaya biologi seperti bakteri, virus, parasit, dan sanitasi yang penjamah yang buruk.

5.2 Kontaminasi Makanan

Undang Undang Republik Indonesia nomor 18 tahun 2012 menyatakan bahwa keamanan pangan mewajibkan makanan yang dikonsumsi bebas dari cemaran biologis, kimia, dan fisik yang dapat membahayakan kesehatan. Pangan harus bermutu, bergizi, tidak bertentangan dengan agama dan keyakinan, dan budaya masyarakat (Badan Pembinaan Hukum Nasional, 2012). Untuk mencapai hal tersebut maka diperlukan langkah-langkah untuk mempraktikkan sanitasi pangan dengan penerapan standarisasi kebersihan dan kesehatan, mulai dari pemanenan bahan baku sampai ke meja makan.

Menurut WHO setiap tahun di seluruh dunia terjadi 600 juta penyakit bawaan makanan dan 420 ribu kematian. Tiga puluh persen jumlah kematian tersebut terjadi pada anak-anak di bawah usia 5 tahun. Pada tahun 2017, Kementerian Kesehatan mencatat adanya kejadian luar biasa (KLB) sebanyak 163 kasus dengan keracunan pangan sebagai kejadian KLB urutan ke-2, yang terutama berasal dari pangan siap saji (Dewanti-Hariyadi and Like, 2020). Hal ini membuktikan perlunya melakukan upaya untuk mereduksi kejadian tersebut dengan standar sanitasi pangan yang mumpuni.

Tabel 5.1. Lima Urutan Utama Mikroba Penyebab Penyakit, Rawat Inap, Dan Kematian Akibat Penyakit Bawaan Makanan

Nomor	Penyakit	Rawat inap	Kematian
1	Norovirus	Salmonella	Salmonella
2	Salmonella	Norovirus	Toxoplasma gondii
3	Clostridium perfringens	Campylobacter	Listeria monocytogenes
4	Campylobacter	Toxoplasma gondii	Norovirus
5	Staphylococcus aureus	E. coli O157	Campylobacter

Sumber: (Center for Disease Control and Prevention, 2023)

Mikroorganisme adalah makhluk hidup tak kasat mata yang dapat mencemari bahan pangan dan dapat menyebabkan kejadian keracunan pangan. Mikroorganisme penyebab penyakit dikenal sebagai mikroorganisme patogen. Ada banyak jenis mikroorganisme patogen, termasuk di dalamnya adalah bakteri, virus, fungi, kapang. Lima jenis mikroorganisme kontaminan penyebab penyakit, rawat inap, dan kematian dapat dilihat pada Tabel 1. Norovirus merupakan penyebab KLB terbesar di Amerika Serikat, dan banyak ditemukan pada *raspberry* beku, pangan siap santap, *sandwich*, dan roti. *Salmonella* banyak terdapat pada produk unggas (karkas ayam dan telur). *Clostridium perfringens* sering dikenal sebagai bakteri makanan *buffet* karena sering terjadi KLB melalui makanan prasmanan. Kulit, rambut, dan saluran pernafasan

manusia merupakan sumber *Staphylococcus aureus*, walau dapat juga berasal dari tanah, debu, dan peralatan produksi pangan. *Campylobacter* memproduksi toksin. Bakteri ini bersifat zoonosis dan invasif. Kejadian KLB akibat *Campylobacter* dilaporkan di Amerika Serikat di tahun 2014 akibat konsumsi susu mentah dan akibat konsumsi hati ayam yang tidak dimasak dengan baik di tahun 2013 ((Dewanti-Hariyadi and Like, 2020).

Kejadian penyakit bawaan makanan merupakan kejadian yang dapat dikendalikan. Untuk mencegahnya, perlu dilakukan penanganan yang baik dengan menerapkan dua tipe kriteria mikrobiologi pengolahan pangan (Food Review Indonesia, 2016). Kedua tipe tersebut adalah kriteria keamanan pangan terkait cemaran mikroba patogen dan kriteria proses higiene dengan melakukan penerapan sanitasi yang sesuai dengan *Good Manufacturing Practices* (GMP).

5.2.1 Mekanisme penyakit bawaan makanan oleh mikroba

Mekanisme penyakit bawaan makanan oleh mikroba dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu:

1. Infeksi: proses masuknya sel bakteri dalam bahan pangan ke dalam tubuh dan kemudian mengolonisasi usus sehingga menimbulkan berbagai penyakit. Beberapa bakteri dapat memproduksi toksin dalam tubuh manusia.
2. Intoksikasi: ada beberapa bakteri yang dapat menyebabkan penyakit bawaan makanan melalui proses intoksikasi. Bakteri memproduksi toksin (racun) dalam pangan yang kemudian dikonsumsi oleh manusia. Toksin ini kemudian berikatan dengan reseptor sel target, dan menimbulkan gejala sakit seperti muntah, diare, dan gejala lainnya (Dewanti-Hariyadi and Like, 2020).

Jenis bakteri yang menimbulkan infeksi dan intoksikasi jumlahnya beragam. Contoh bakteri yang menyebabkan infeksi adalah: *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* patogenik, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Shigella*. Contoh bakteri yang dapat menyebabkan intoksikasi adalah *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*.

5.3 Faktor Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Mikroba

Pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Selain zat gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan, faktor-faktor lingkungan dapat menghambat/meningkatkan pertumbuhan mikroba, yaitu: aktifitas air (a_w), pH, suhu, oksigen, potensial redoks. Makanan digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi dan pertumbuhan. Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah sebagai berikut:

5.3.1. Suhu

Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhannya bakteri dapat digolongkan ke dalam 3 kelompok besar, yaitu bakteri psychofilik, mesofilik, dan thermofilik. Psychofilik adalah golongan bakteri yang tumbuh optimum pada suhu antara 4-25 C dengan suhu optimum pertumbuhan di 20-25C, sedangkan golongan mesofilik di rentang suhu 20-45 C dengan suhu optimum 30-37C, dan thermofilik adalah golongan bakteri yang hidup di suhu 45-70 dengan suhu optimum 50-55C (Sucipto, 2015). Banyak bakteri patogen termasuk di dalam golongan bakteri mesofilik karena suhu tubuh manusia juga ada di dalam rentang suhu optimumnya.

5.3.2 Kelembaban

Bakteri memerlukan air untuk pertumbuhannya. Jumlah ketersediaan air untuk pertumbuhan bakteri dikenal dengan aktifitas air. Aktifitas air adalah rasio antara tekanan uap air pada zat tertentu dan tekanan uap air murni pada suhu yang sama. Bakteri umumnya membutuhkan ketersediaan air 0,9-1. Keberadaan gula dan garam dapat menyebabkan terjadinya penghambatan pertumbuhan bakteri.

5.3.3 pH

pH adalah ukuran derajat keasaman suatu sistem, yang diukur berdasarkan konsentrasi ion hidrogen. Larutan asam memiliki pH <7, netral pada pH 7, dan bersifat alkali pada pH >7. Umumnya bakteri menyukai hidup dalam kondisi pH netral. Beberapa golongan bakteri hidup di pH asam.

5.3.4 Oksigen

Bakteri dikelompokkan ke dalam tiga golongan besar berdasarkan kebutuhannya akan oksigen. Bakteri aerobik membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, sedangkan bakteri anaerob tumbuh di dalam kondisi tanpa udara. Beberapa golongan bakteri dapat tumbuh di dalam lingkungan yang tidak ada oksigen tetapi lebih suka hidup dalam kondisi yang ada oksigen. Golongan bakteri ini disebut sebagai bakteri anaerob fakultatif.

5.3.5 Potensial Redoks

Potensial reduksi oksidasi (redoks) mendukung aktifitas metabolisme mikroba. Reaksi reduksi oksidasi terjadi secara bersamaan di dalam sel dan berperan penting di dalam metabolisme zat-zat yang dibutuhkan oleh mikroba, seperti: karbon, oksigen, nitrogen, sulfur, dan hidrogen (Rengga *et al.*, 2016).

5.4 Pengendalian Kontaminan Mikroba

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba dapat dikendalikan untuk mencegah pertumbuhan dan/atau mematikan mikroba patogen. Pengendalian dilakukan dengan melakukan aktifitas kontrol faktor-faktor yang dibutuhkan mikroba untuk berkembang biak. Pengendalian mikroba dapat dilakukan menggunakan metode fisik maupun kimiawi, serta menerapkan cara pengolahan pangan yang baik dengan menerapkan praktik sanitasi dan higienitas yang baik di lingkungan dan personil penjamah makanan.

5.4.1 Pengendalian Dengan Suhu

Metode pengendalian fisik dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang ekonomis dan sederhana adalah penggunaan panas. Panas membunuh mikroba patogen dengan cara denaturasi protein. Beberapa praktik penggunaan panas di dalam membunuh bakteri adalah dengan cara: pasteurisasi, perebusan, sterilisasi menggunakan autoklaf, pemanasan kering (*dry heat*). Pertumbuhan cemaran mikroba juga dapat dilakukan dengan cara pendinginan dan pembekuan.

Pemanasan pada suhu 100 C selama 15 menit merupakan cara yang umum untuk membunuh mikroba pencemar. Sementara itu pasteurisasi merupakan teknik pemanasan pada suhu 72 selama 15 menit atau suhu 63C selama 30 menit untuk mematikan bakteri patogen tanpa merusak flavor bahan pangan (McCormick, 2013). Teknik pasteurisasi banyak dilakukan pada produk susu dan minuman sari buah. Pada proses pasteurisasi dipastikan kematian mikroba patogen tetapi masih ada mikroba pembusuk yang dapat hidup setelah melalui proses pasteurisasi Produk pasteurisasi perlu disimpan pada ruang dingin dan umumnya bertahan sekitar 7 hari.

Sterilisasi merupakan pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi (di atas 100C) dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan teknik pasteurisasi. dengan menggunakan alat bertekanan (seperti autoklaf atau *retort*) (Motarjemi, Andersen and Lelieveld, 2023). Menimbang daya tahan spora bakteri terhadap panas cukup bervariasi, maka sterilisasi dilakukan pada suhu sekurang-kurangnya 121C dengan pemanasan lembab selama 15 menit untuk mencapai inaktivasi spora dari *C. botulinum* dan hampir semua spora mikroba pembusuk. Sterilisasi memiliki daya mematikan yang lebih ekstrim sehingga daya simpan bahan pangan terhadap kerusakan pada produk pangan yang disterilisasi lebih lama dibanding pasteurisasi. Pada sterilisasi, produk bahan pangan mencapai kondisi sterilisasi komersial, situasi di mana mikroba patogen dan pembusuk mati. Produk pangan yang mendapat perlakuan sterilisasi tidaklah suci hama tetapi kemungkinan tumbuhnya mencapai titik terendah yang dapat diterima. Di dalam industri pangan, sterilisasi ditetapkan dengan konsep 12 D dari bakteri *C. botulinum*, yang memastikan kemungkinan *survival* dari *C. botulinum* adalah 10^{-12} .

Dry heat adalah proses sterilisasi untuk alat-alat logam dengan menggunakan udara kering. Proses ini dilakukan dengan menggunakan oven dengan suhu 160-170C selama kurang lebih 2 jam. Kematian mikroba yang terjadi disebabkan oleh pembakaran komponen sel. Karena protein lebih stabil terhadap panas kering dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk sterilisasi *dry heat* dibandingkan dengan sterilisasi menggunakan panas lembab.

Pendinginan dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Bakteri yang termasuk dalam golongan mesofilik dan termofilik tidak dapat tumbuh optimal pada lingkungan suhu dingin. Ada beberapa cara penghambatan mikroba yang dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip pendinginan, yaitu: penyimpanan suhu dingin, pembekuan, dan pengeringan beku. Penyimpanan pada suhu dingin dilakukan dengan menggunakan lemari es yang berada pada kisaran 2-5°C. Bahan pangan yang mengalami pasteurisasi umumnya disimpan pada suhu rendah.

Proses pembekuan adalah penyimpanan di bawah suhu 0°C yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba akibat ketersediaan air yang terbatas akibat pembentukan kristal es. Di dalam industri pangan, pembekuan cepat (*blast freezing*) merupakan proses pembekuan yang direkomendasikan karena mencegah terbentuknya kristal es besar yang dapat merusak tekstur bahan pangan. Pembekuan cepat juga menyebabkan terjadinya *heat shock* pada mikroba sehingga daya rusaknya terhadap mikroba jauh lebih besar dibandingkan dengan pembekuan konvensional.

Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan metode *freeze drying*. Proses ini adalah proses pengeringan dengan pembekuan yang menggunakan prinsip pengeringan air dari padatan (es) menjadi uap.

5.4.2 Pengendalian Dengan Teknik Filtrasi

Filtrasi dilakukan untuk materi bahan pangan yang tidak tahan suhu tinggi. Filtrasi merupakan proses sterilisasi dengan teknik penyaringan (Hafsan, 2014). Alat filtrasi terdiri dari corong, filter *base*, penjepit, kertas penyaring, pompa vakum, dan labu pengumpul. Kertas membran filter memiliki ukuran yang kecil (*milipore paper*), lebih kecil dari ukuran mikroba sehingga mikroba akan tertahan pada kertas saring pada saat cairan pangan/udara dituangkan ke dalam labu pengumpul. Umumnya ukuran kertas filter adalah 0,22 µm.

5.4.3 Pengendalian dengan Radiasi

Ada tiga tipe radiasi untuk melakukan sterilisasi, yaitu radiasi ionisasi dengan menggunakan sinar X dan sinar gamma, radiasi non ionisasi dengan menggunakan sinar UV, dan radiasi menggunakan sinar mikro dengan menggunakan *microwave*. Karakterisasi masing-masing sinar dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Jenis Sinar Dan Karakterisasi Penyinaran

Jenis Sinar	Karakteristik penyinaran
Sinar X	Memerlukan energi yang besar agar dapat memiliki daya penetrasi yang baik
Sinar alfa	Bersifat bakterisidal namun tidak memiliki daya penetrasi
Sinar beta	Dibandingkan dengan sinar X, daya penetrasi sinar beta sedikit lebih besar
Sinar gamma	Efektif untuk sterilisasi pangan karena energi radiasinya besar

Sumber : (Agnew and Alviar-Agnew, 2018)

Radiasi ionisasi digunakan untuk mensterilkan bahan farmasi dan makanan. Sterilisasi terjadi karena sinar gamma dan sinar X merupakan sinar dengan panjang gelombang rendah dan menghasilkan energi yang tinggi. Energi tinggi ini menyebabkan eksitasi elektron yang membentuk ion yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi DNA.

Radiasi non ionisasi menggunakan sinar UV dengan panjang gelombang 220-290 nm. Radiasi UV menyebabkan mutasi DNA dan banyak digunakan untuk sterilisasi ruangan.

Radiasi gelombang mikro banyak digunakan di skala rumah tangga, dengan menggunakan *microwave*. Panjang gelombang dari gelombang mikro adalah 1mm-1 m. Radiasi bekerja dengan absorpsi panas oleh molekul air. Mikroba dapat mati karena penyerapan panas oleh molekul air yang ada di dalam mikroba.

5.5 Metode Pengendalian Kimia

Metode pengendalian mikroba secara kimiawi dikenal sebagai sterilisasi dingin (*cold sterilization*)(McCormick, 2013). Pengendalian dilakukan dengan menggunakan anti mikroba yang umumnya dikenal sebagai desinfektan. Desinfektan adalah agen kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba yang ada di permukaan objek benda mati. Contohnya pada permukaan peralatan makan (piring), meja, lantai. Desinfektan tidak aman untuk jaringan hidup.

Aktifitas desinfektan dipengaruhi oleh jumlah, spesies, dan tipe mikroba. Sebagai contoh bakteri Gram positif lebih sensitif terhadap antibiotik dibanding bakteri Gram negatif. Kebanyakan agen antimikrobal bekerja melawan mikroba dengan cara menghancurkan membran plasma, protein, ataupun asam nukleat dari mikroba.

Desinfektan yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: efektif, memiliki spektrum yang luas, nilai toksisitasnya rendah, tidak bersifat korosif, penyerapannya rendah pada bahan karet, zat sintetis, dan bahan lainnya, dan toksisitas rendah (Karisma et al., 2021).

Pada saat melakukan desinfeksi, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Sebagai contoh, semua permukaan bahan/alat yang akan didisinfeksi harus kontak dengan desinfektan. Pengenceran desinfektan dilakukan sesuai dengan petunjuk penggunaan. Waktu paparan desinfektan terhadap permukaan alat harus tepat, dan desinfektan yang digunakan bersifat sebagai germisida (membunuh) (Karisma et al., 2021).

Pencegahan cemaran mikroba yang diaplikasikan pada jaringan hidup (semisal membran permukaan kulit) dikenal sebagai antiseptik. Antiseptik digunakan untuk mengurangi atau membunuh mikroba yang ada di permukaan tubuh (Hariwan, Kholil and Gadissa, 2015) Salah satu contoh penggunaan antiseptik adalah mencuci tangan menggunakan *hand sanitizer*, yang bertujuan untuk membersihkan tangan dari cemaran mikroba. Beberapa contoh kandungan senyawa aktif yang ada di dalam *hand sanitizer* adalah isopropanol, etanol, n-propanol, klorheksidin, triklosan, dan povidone iodine (Hariwan, Kholil and Gadissa, 2015).

Selain itu, dikenal pula agen antistatik dan antisisid di dalam pengendalian mikroba secara kimiawi. Agen antistatik mencegah pertumbuhan mikroba namun tidak membunuh, sementara agen antisisid membunuh mikroba. Dikenal beberapa penggolongan agen-agen tersebut di atas seperti agen bakterisida, fungisida, sporasida yang merupakan agen yang secara berturut-turut membunuh bakteri, fungi, dan spora.

5.6 Praktik Higienitas

Sanitasi merupakan salah satu langkah untuk menghasilkan makanan yang aman. Di dalam hal ini perlu diterapkan prinsip-prinsip higienitas di semua area/personil/ peralatan yang bersinggungan dengan makanan untuk mencegah penyebaran penyakit bawaan pangan. Penanganan makanan harus disertai dengan prinsip higienitas mulai dari persiapan, pengolahan, sampai penyajian makanan. Beberapa prinsip higienitas yang penting adalah:

5.6.1 Kebersihan Personil

Kebersihan personil merupakan hal penting karena pencemaran makanan dapat terjadi dari kontak antara personil dengan makanan. Cemar dapat berasal dari mulut, tangan, kuku, rambut, telinga, hidung, dan bagian lain dari tubuh yang dapat menjadi habitat mikroba. Dengan demikian karyawan perlu memahami pentingnya kebersihan diri, penerapan sanitasi yang baik, dan cara pengolahan pangan yang baik. Kebersihan diri dapat diperoleh dengan melakukan praktik-praktik sebagai berikut: dalam keadaan bersih pada saat menangani makanan (badan bersih, gigi bersih, pakaian bersih, sepatu tertutup, dan mencuci tangan sebelum menangani makanan). Karyawan harus berada dalam kondisi sehat pada saat menangani makanan. Rambut yang dapat merupakan sumber mikroba harus dalam keadaan tertutup *hair net* pada saat menangani makanan. Hidung dan mulut ditutup dengan masker untuk mencegah pencemaran mikroba (Sari, 2020).

5.6.2 Kebersihan Peralatan Dan Lingkungan

Alat dapur dan masak, serta area pembuatan makanan harus dalam keadaan bersih. Lantai, dinding tidak berdebu. Tempat penyimpanan dan pengolahan makanan dalam keadaan bersih. Tidak ada sampah, genangan air di dalam area penangan makanan. Pengendalian suhu

Makanan disimpan di suhu yang sesuai dan aman untuk mencegah perkembangan mikroba. Makanan panas disimpan di suhu panas, makanan dingin di suhu dingin.

5.6.3 Pencegahan Kontaminasi Silang

Pengolahan makanan diatur sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan terjadinya kontaminasi silang antara makanan masak dan makanan masih mentah. Pengolahan sayur(nabati) dan pengolahan daging (hewani) harus dipisahkan untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang.

5.6.4 Higienitas Pangan Hewan

Bahan baku hewani perlu memiliki standar higienitas. Bahan baku diperoleh dari sumber yang sehat dan aman, serta terpercaya. Ada standar pemilihan bahan baku mulai dari peternakan hingga pemotongan.

5.6.5 Keamanan bahan baku

Bahan baku dipasok oleh sumber yang terpercaya dan terjamin keamanannya. Di dalam industri pangan, perlu ditetapkan persyaratan dan standar bahan baku untuk pengolahan pangan.

5.7 Penutup

Pencegahan terjadinya penyakit bawaan pangan menuntut diterapkannya prinsip-prinsip keamanan dan sanitasi pangan. Mengingat bahwa kejadian penyakit akibat mengonsumsi pangan dapat dicegah, namun jumlah kejadian yang terjadi diduga masih cukup tinggi, maka sangat dibutuhkan pengetahuan cara pencegahan pencemaran mikroba dan bahaya lain dalam bahan pangan (bahaya kimia dan fisik) baik dari segi penanganan bahan pangan, kebersihan lingkungan dan personil pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnew, H. and Alviar-Agnew, M. (2018) *Types of Radioactivity - Alpha, Beta, and Gamma Decay*, https://chem.libretexts.org/Courses/Lubbock_Christian_University/LCU%3A_CHE_1305_-_Introductory_Chemistry/03%3A_Isotopes/3.5%3A_Types_of_Radioactivity_-_Alpha%2C_Beta%2C_and_Gamma_Decay.
- Badan Pembinaan Hukum Nasional (2012) *Undang Undang Republik Indonesia No.18 Tahun 2012 Tentang Pangan*.
- Center for Disease Control and Prevention (2023) *Food Borne Germs and Illnesses*, <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>.
- Dewanti-Hariyadi, R. and Like, H.N. (2020) 'Keamanan Pangan', in F. Kusnandar et al. (eds) *Perspektif Global Ilmu dan Teknologi Pangan*. 1st edn. Bogor: IPB Press, pp. 393–405.
- Food Review Indonesia (2016) 'Pengendalian Mikroba Patogen Pada Produk Pangan', <https://www.foodreview.co.id/blog-5669064-PENGENDALIAN-MIKROBA-PATOGEN-PADA-PRODUK-PANGAN.html>, November.
- Hafsan (2014) *Mikrobiologi Analitik*. Edited by F. Nur. Makasar: Alauddin Press.
- Hariwan, P., Kholil, M. and Gadissa, A.A.N. (2015) 'Analisa Pengambilan Keputusan Pada Penentuan Cairan Antiseptik Tangan Yang Terbaik Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)', *Jurnal PASTI*, 9(2), pp. 203–219.
- Karisma, A.D. et al. (2021) 'Sosialisasi Pemanfaatan Desinfektan Sebagai Tindakan Preventif Infeksi Covid-19 di Lingkungan Tempat Tinggal', *Sewagati, Jurnal Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), pp. 150–155.
- McCormick, T. (2013) *Essential Microbiology*. New York City: Research and Education Association.
- Motarjemi, Y., Andersen, V. and Lelieveld, H. (2023) 'Fundamentals in Management of Food Safety in the Industrial Setting: Challenges and Outlook of the 21st Century', in Y. Motarjemi and H. Lelieveld (eds) *Food Safety Management: A Practical*

- Guide For The Food Industry*. 2nd Edition. San Diego, US: Academic Press, pp. 3–16.
- Rengga, W.D.P. *et al.* (2016) 'Review: Pengontrolan Potensial Redoks Pada Fermentasi Etanol Sistem Mikroaerobik Menggunakan Ragi *Saccharomyces*', *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2), pp. 50–56.
- Sari, K.W. (2020) *Pentingnya Personal Hygiene dalam Mewujudkan Keamanan Pangan*, <https://cfns.ugm.ac.id/2020/07/20/pentingnya-personal-hygiene-dalam-mewujudkan-keamanan-pangan/>.
- Sucipto, C.D. (2015) *Keamanan Pangan untuk Kesehatan Manusia*. Sleman, Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- World Health Organization (2015) *Estimating the Burden of Food Borne Diseases*. Switzerland.

BAB 6

MANAJEMEN HALAL

Oleh Jamil Anshory

6.1 Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan pertumbuhan industri pangan yang pesat, perhatian terhadap aspek halal dalam pengolahan pangan semakin meningkat. Konsumen Muslim di seluruh dunia semakin peduli terhadap kehalalan produk yang mereka konsumsi, sehingga mendorong industri pangan untuk menerapkan praktik-praktik yang sesuai dengan prinsip-prinsip manajemen halal.

Prinsip-prinsip manajemen halal dalam industri pangan mencakup serangkaian pedoman yang memastikan setiap aspek dari proses produksi, mulai dari pemilihan bahan baku hingga produk jadi, memenuhi persyaratan kehalalan sesuai syariah Islam. Hal ini meliputi pemilihan bahan baku yang halal dan toyyib, proses produksi yang higienis, serta praktik kerja yang sesuai dengan nilai-nilai Islam. Pemeliharaan integritas produksi, termasuk mencegah kontaminasi silang dan pemisahan produk halal dan non-halal, juga menjadi bagian penting dari manajemen halal (Suwanto and Gunawan, 2021).

Sertifikasi halal menjadi alat penting dalam memastikan kehalalan produk pangan bagi konsumen. Proses sertifikasi melibatkan audit menyeluruh terhadap berbagai aspek produksi, termasuk sumber bahan baku, proses manufaktur, pengemasan, distribusi, dan pelatihan staf. Lembaga sertifikasi halal yang diakui memberikan sertifikat kepada produsen yang memenuhi persyaratan ketat, sehingga memberikan jaminan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kehalalan Nasional dan Internasional.

Bab ini juga akan membahas tantangan yang dihadapi oleh industri pangan dalam menerapkan prinsip-prinsip manajemen halal. Tantangan ini termasuk kepatuhan terhadap regulasi Nasional dan internasional, pengawasan rantai pasok yang kompleks, dan

tuntutan konsumen akan transparansi dan integritas produk. Dengan memahami tantangan-tantangan ini, pelaku industri dapat mengembangkan strategi manajemen halal yang efektif untuk memastikan keberlanjutan dan daya saing produk mereka di pasar global.

Secara keseluruhan, bab ini memberikan wawasan yang komprehensif dan praktis bagi para pelaku industri pangan yang ingin mengimplementasikan prinsip-prinsip manajemen halal secara efektif dan efisien. Dengan mengintegrasikan sertifikasi halal ke dalam proses produksi, produsen dapat membangun kepercayaan konsumen, memperluas pangsa pasar, dan mendukung pertumbuhan industri pangan yang berkelanjutan. Bab ini juga akan menjelaskan bagaimana produsen dapat mengoptimalkan strategi manajemen halal untuk mencapai sertifikasi yang diakui secara Nasional dan Internasional.

6.2 Prinsip-prinsip manajemen halal dalam industri pangan

Industri pangan merupakan salah satu sektor ekonomi yang memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan dasar manusia, yakni pangan. Dalam konteks globalisasi yang semakin berkembang pesat, kebutuhan akan makanan yang bermutu dan aman menjadi perhatian utama, tidak terkecuali bagi umat Muslim yang memiliki aturan dan prinsip tersendiri terkait konsumsi makanan.

Dalam ajaran Islam, konsep halal dan haram memiliki peran yang sangat penting, termasuk dalam hal konsumsi makanan dan minuman. Kehalalan suatu produk makanan bukan hanya menjadi aspek agama, tetapi juga menyangkut kesehatan, keamanan, dan keadilan sosial. Oleh karena itu, prinsip-prinsip manajemen halal dalam industri pangan menjadi sangat relevan dan krusial untuk diperhatikan oleh produsen, konsumen, serta pihak-pihak terkait lainnya.

Dengan memahami dan menerapkan prinsip-prinsip manajemen halal secara konsisten dan berkelanjutan, industri pangan diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam memenuhi kebutuhan pangan umat Muslim, sambil menjaga kualitas, keamanan, dan kehalalan produk bagi semua konsumen.

Penting bagi industri pangan untuk memahami dengan baik prinsip-prinsip manajemen halal yang perlu diketahui dan dipahami. Berikut ini adalah beberapa prinsip-prinsip tersebut:

6.2.1 Pemilihan Bahan Baku yang Halal dan Thoyyib

Industri pangan yang berkomitmen pada prinsip-prinsip manajemen halal harus memastikan bahwa setiap bahan baku yang digunakan dalam proses produksi tidak hanya memenuhi kriteria kehalalan (halal) dari sudut pandang agama, tetapi juga memperhatikan aspek kualitas dan kebersihan (thoyyib) dari perspektif fisik dan moral. Proses seleksi bahan baku yang halal dan thoyyib memerlukan evaluasi menyeluruh terhadap seluruh rantai pasok, dengan tujuan untuk memastikan bahwa tidak ada bahan yang diharamkan atau memiliki masalah yang digunakan dalam produksi.

Langkah-langkah teknis dalam pemilihan bahan baku yang halal dan thoyyib melibatkan pemeriksaan kualitas, termasuk pemeriksaan fisik, kimia, dan mikrobiologis terhadap setiap sampel bahan baku untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan standar yang ditetapkan. Selain itu, analisis kebersihan juga menjadi fokus, dengan memastikan bahwa bahan baku bebas dari kontaminan seperti pestisida, logam berat, atau zat-zat berbahaya lainnya yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. Verifikasi dokumentasi kehalalan juga penting, di mana meminta dokumentasi resmi dari pemasok bahan baku yang menunjukkan bahwa produk tersebut telah memperoleh sertifikasi halal dari lembaga yang terpercaya. Audit reguler terhadap pemasok dilakukan untuk memastikan bahwa mereka mematuhi standar kehalalan dan kebersihan yang ditetapkan. Selain itu, pemantauan setiap tahap rantai pasok, mulai dari produksi hingga pengiriman, juga penting untuk memastikan bahwa tidak ada substitusi bahan baku atau tindakan yang dapat mengurangi kehalalan dan kebersihan produk (Mail *et al.*, 2021).

6.2.2 Proses Produksi yang Higienis

Praktik higienis yang terintegrasi dalam seluruh proses produksi menjadi aspek krusial dalam menjalankan manajemen kehalalan yang efektif. Setiap fase produksi harus mematuhi standar

sanitasi yang ketat, seperti pemakaian peralatan stainless steel yang mudah dibersihkan dan desain ruang produksi yang meminimalkan risiko kontaminasi silang. Pentingnya perawatan peralatan produksi tidak dapat diabaikan, karena dengan membersihkan secara rutin dan merawatnya dengan baik, kita dapat memastikan bahwa tidak ada risiko kontaminasi yang berasal dari bahan-bahan yang dilarang dalam agama. Dengan demikian, integritas kehalalan produk dapat terjaga dengan baik, sesuai dengan prinsip-prinsip yang ditetapkan dalam manajemen halal (Ridwan, Trenggonowati and Parida, 2019). Penerapan praktik higienis dalam proses produksi pangan sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas serta keamanan produk. Berikut adalah beberapa teknis praktik higienis yang biasanya diterapkan:

1. Pentingnya menjaga kebersihan pribadi dan cuci tangan merupakan langkah penting yang harus diutamakan. Pegawai harus memperhatikan kebersihan pribadi dengan mandi secara teratur, memakai pakaian kerja yang bersih, serta menggunakan pelindung kepala dan alas kaki yang sesuai. Selain itu, cuci tangan secara menyeluruh sebelum dan setelah menangani makanan atau melakukan aktivitas yang berpotensi mengkontaminasi sangat penting untuk mencegah penyebaran bakteri dan penyakit.
2. Kebersihan peralatan, permukaan, dan penyimpanan bahan baku juga harus diperhatikan dengan seksama. Pastikan peralatan dan permukaan yang digunakan dalam produksi pangan terjaga kebersihannya melalui pembersihan dan sanitasi secara teratur. Selain itu, bahan baku harus disimpan dalam kondisi yang sesuai, terlindung dari kontaminasi, dan pada suhu yang tepat untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme berbahaya yang dapat merusak kualitas produk.
3. Kebersihan lingkungan produksi dan pengendalian hama juga sangat penting. Lakukan pemrosesan makanan dengan cara yang higienis untuk mencegah kontaminasi silang antara bahan makanan. Selain itu, jaga kebersihan lingkungan produksi dengan menjaga area produksi bersih dan rapi serta melakukan pengendalian hama secara teratur untuk mencegah penyebaran

penyakit dan kontaminasi pada produk pangan (Ridwan, Trenggonowati and Parida, 2019).

6.2.3 Praktik Kerja yang Sesuai dengan Nilai-nilai Islam

Praktik kerja yang sesuai dengan nilai-nilai Islam juga menuntut manajemen halal, yang tidak hanya memperhatikan aspek kehalalan produk dan proses, tetapi juga menyelaraskan praktik bisnis dengan etika dan moral Islam. Karyawan diharapkan untuk tidak hanya mematuhi aturan dan prosedur yang telah ditetapkan, tetapi juga untuk menginternalisasi dan mengaktualisasikan nilai-nilai Islam dalam setiap tindakan mereka di tempat kerja. Ini mencakup integritas dalam semua interaksi, kejujuran dalam semua transaksi, dan tanggung jawab dalam semua tugas yang mereka emban. Selain itu, lingkungan kerja yang inklusif harus dipertahankan, di mana kebutuhan dan keyakinan agama dari semua karyawan dihormati dan diakomodasi sebaik mungkin. Dengan demikian, praktik kerja yang sesuai dengan nilai-nilai Islam tidak hanya mencakup dimensi teknis dan operasional, tetapi juga aspek-aspek moral, etika, dan inklusivitas yang memperkuat komitmen terhadap prinsip-prinsip Islam dalam konteks profesional (Putro *et al.*, 2023).

6.2.5 Pemeliharaan Integritas Produksi

Pemeliharaan integritas produksi dalam industri pangan merupakan aspek penting untuk memastikan bahwa produk-produk yang dihasilkan memenuhi standar kehalalan yang ditetapkan. Berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil untuk memastikan pemeliharaan integritas produksi sesuai dengan prinsip-prinsip manajemen halal dalam industri pangan:

1. Menggunakan sistem pemantauan dan pengukuran untuk mengawasi kinerja produksi secara real-time dengan memperhatikan aspek kehalalan. Ini termasuk penggunaan sensor, perangkat lunak analitik, dan sistem pengendalian otomatis yang memungkinkan pemantauan langsung terhadap proses produksi yang mematuhi prinsip-prinsip kehalalan.
2. Melakukan perawatan terjadwal dan perbaikan preventif pada peralatan untuk memastikan bahwa peralatan yang digunakan

dalam proses produksi tetap bersih, tidak terkontaminasi dengan bahan non-halal, dan berfungsi dengan baik sesuai dengan prinsip-prinsip kehalalan.

3. Menerapkan kontrol kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa produk-produk yang dihasilkan memenuhi standar kehalalan yang ditetapkan. Ini melibatkan pengujian produk, inspeksi visual, dan pengukuran kinerja dengan memperhatikan aspek kehalalan seperti bahan baku, proses produksi, dan penggunaan peralatan yang sesuai dengan prinsip-prinsip kehalalan.
4. Melakukan pelatihan reguler untuk karyawan dalam hal prosedur operasional standar yang sesuai dengan prinsip-prinsip kehalalan, praktik keselamatan kerja yang berhubungan dengan kehalalan, dan teknik pemeliharaan yang memperhatikan aspek kehalalan. Karyawan yang terlatih dengan baik memiliki kemampuan untuk mendeteksi potensi kontaminasi non-halal dan merespons dengan cepat.
5. Identifikasi dan mitigasi risiko potensial yang dapat mempengaruhi kehalalan produksi. Ini melibatkan analisis risiko terkait kehalalan, perencanaan kontinjensi, dan penerapan tindakan pencegahan yang sesuai dengan prinsip-prinsip kehalalan.
6. Mengadopsi pendekatan berkelanjutan untuk meningkatkan proses produksi dan sistem manajemen dengan memperhatikan aspek kehalalan. Ini melibatkan pengumpulan umpan balik dari karyawan dan pelanggan terkait dengan kehalalan produk, serta penerapan perbaikan berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi yang mencakup prinsip-prinsip kehalalan (Ridwan, Trenggonowati and Parida, 2019).

6.3 Sertifikasi halal dan penerapannya dalam produksi pangan

6.3.1 Pengertian Sertifikasi Halal

Sertifikasi halal adalah proses pengakuan resmi terhadap suatu produk atau layanan yang memenuhi syarat-syarat yang diatur oleh hukum Islam. Konsep dasar dari sertifikasi halal didasarkan pada prinsip-prinsip yang dijelaskan dalam agama Islam

mengenai kehalalan makanan dan minuman. Produk yang dianggap halal harus memenuhi standar dan kriteria tertentu yang disetujui oleh otoritas agama Islam, seperti tidak mengandung bahan-bahan terlarang seperti babi, alkohol, atau bahan haram lainnya, serta diproses sesuai dengan aturan yang ditetapkan (Jubba, 2023). Peran dan Pentingnya Sertifikasi Halal dalam Industri Makanan dan Minuman:

1. Sertifikasi halal memberikan keyakinan kepada konsumen bahwa produk yang mereka konsumsi sesuai dengan ajaran agama Islam. Hal ini penting karena makanan dan minuman merupakan bagian integral dari kehidupan sehari-hari umat Muslim, dan mereka ingin memastikan bahwa apa yang mereka konsumsi sesuai dengan ajaran agama mereka.
2. Dengan populasi Muslim yang mencapai lebih dari 2 miliar orang di seluruh dunia, sertifikasi halal membuka pintu bagi produsen untuk mengakses pasar global yang besar dan berkembang. Banyak negara dengan mayoritas penduduk Muslim memiliki persyaratan ketat terkait sertifikasi halal untuk impor produk makanan dan minuman, sehingga produsen yang mampu memenuhi standar ini akan memiliki keunggulan kompetitif.
3. Bagi produsen makanan dan minuman, sertifikasi halal mencerminkan komitmen mereka terhadap prinsip-prinsip etika dan tanggung jawab sosial. Dengan memastikan bahwa produk mereka halal, produsen menunjukkan rasa hormat dan sensitivitas terhadap kepercayaan dan kebutuhan konsumen mereka.
4. Sertifikasi halal juga berperan dalam melindungi konsumen Muslim dari produk-produk yang tidak sesuai dengan aturan agama mereka. Dengan adanya sertifikasi halal, konsumen dapat mempercayai bahwa produk yang mereka beli telah melewati proses audit dan verifikasi yang ketat untuk memastikan kehalalannya.
5. Proses untuk memperoleh sertifikasi halal sering kali mendorong produsen untuk melakukan inovasi dalam formulasi produk dan proses produksinya. Ini dapat memicu pengembangan produk baru yang lebih sehat dan berkualitas,

karena produsen harus mempertimbangkan kembali bahan-bahan yang mereka gunakan dan cara mereka memproses produk tersebut untuk memenuhi standar halal (Badriyah *et al*, 2023).

6.3.2 Proses Sertifikasi Halal

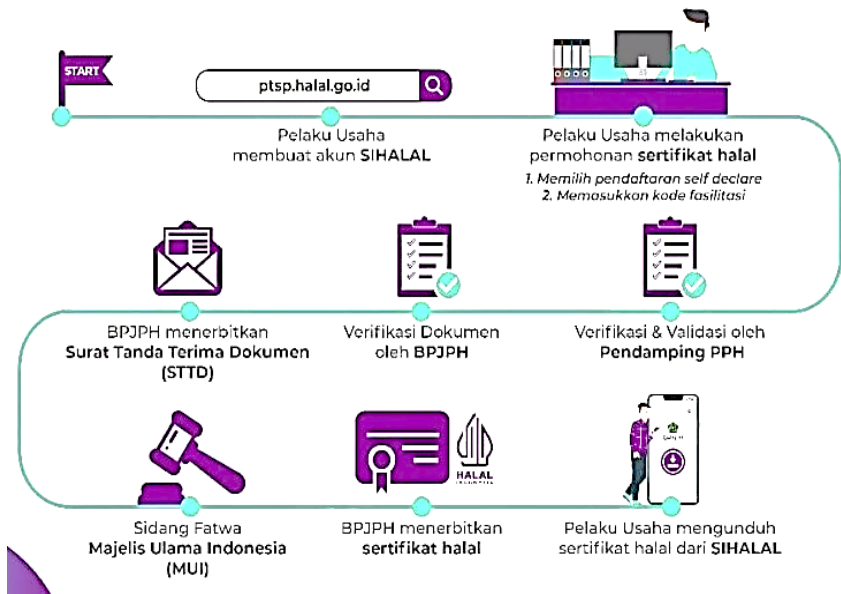
Di Indonesia, terdapat dua jenis sertifikat halal yang dikeluarkan, yaitu:

1. **Sertifikat Halal Self Declare:** Sertifikat halal yang dikeluarkan oleh BPJPH, badan yang dibentuk oleh pemerintah Indonesia untuk mengelola dan mengatur proses sertifikasi halal secara nasional. Sertifikasi ini diperlukan sesuai dengan Undang-Undang Jaminan Produk Halal dan biasanya diberikan kepada produsen yang telah memenuhi persyaratan kehalalan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. **Sertifikat Halal Reguler:** Sertifikat halal yang dikeluarkan oleh Lembaga Pengkajian Pangan, Obat-obatan, dan Kosmetika (LPPOM) MUI. Sertifikasi ini diakui secara luas di Indonesia dan memiliki otoritas dalam menetapkan standar kehalalan produk makanan dan minuman. Produk yang telah memperoleh sertifikat halal MUI biasanya ditandai dengan logo halal MUI.

Tabel 6.1. Perbedaan antara sertifikat halal Self Declare dan sertifikat halal reguler.

No	Kriteria	Self declare	Reguler
1	Biaya	Gratis (Program Sehati)	berbayar
2	Proses Audit Halal	dilakukan oleh PPH (Verifikasi dan Validasi)	dilakukan oleh Auditor Halal External
3	Jenis/skala Usaha	Umumnya UKM, Bentuknya Produk Bukan Jasa	Umumnya Usaha Menengah, Usaha/Industri Besar, Bentuk Produk berupa Jasa atau barang
4	Proses Produksi	Sederhana, manual	Otomatis, Mesin Pabrik
5	Teknologi	Sederhana	Kompleks, UHT, Teknologi Tinggi
6	Bahan Baku/Produk	Tidak beresiko dan Jelas Halalnya	Beresiko dan Perlu lebih detail Analisisnya
7	Jumlah Outlet	Maksimal 1	Lebih dari 1
8	Ikrar Halal	Pernyataan dari Pemilik Usaha	Kebijakan Perusahaan
9	Legalitas	Minimal punya NIB	NIB, PT, CV, Firma
10	Omset Usaha	Maksimal 500 Juta	Lebih dari 500 Juta
11	Modal Usaha	Maksimal 2 Milyar Rupiah	Lebih dari 2 Milyar
12	Proses Pengawetan	Bukan dari Teknik Radiasi, Rekayasa Genetika, Ozonisasi, Teknologi Hurdle	Kompleks (ozonisasi, radiasi, rekayasa genetika, teknologi hurdle dll)

Untuk memudahkan pemahaman, berikut adalah Alur Sertifikasi Halal melalui *Self Declare*:



Gambar 6.1. Alur Sertifikasi Halal Self Declare
Sumber : (BPJPH, 2024)

Berikut adalah syarat-syarat pendaftaran sertifikasi halal Self Declare yang perlu di penuhi:

1. Produk tidak berisiko atau menggunakan bahan yang sudah dipastikan kehalalannya.
2. Proses produksi yang dipastikan kehalalannya dan sederhana.
3. Memiliki Nomor Induk Berusaha (NIB).
4. Memiliki hasil penjualan tahunan (omset) maksimal Rp 500 juta yang dibuktikan dengan pernyataan mandiri.
5. Memiliki lokasi, tempat, dan alat proses produk halal (PPH) yang terpisah dengan lokasi, tempat, dan alat proses produk tidak halal.
6. Memiliki atau tidak memiliki surat izin edar (PIRT/MD/UMOT/UKOT), Sertifikat Laik Higiene Sanitasi (SLHS) untuk produk makanan/minuman dengan daya simpan kurang dari 7 hari, atau izin industri lainnya atas produk yang dihasilkan dari dinas/instansi terkait.

7. Produk yang dihasilkan berupa barang.
8. Telah selesai kehalalannya oleh pendamping proses produk halal.
9. Jenis produk/kelompok produk yang disertifikasi halal tidak mengandung unsur hewani hasil sembelihan, kecuali berasal dari produsen atau rumah potong hewan/rumah potong unggas yang sudah bersertifikat halal.
10. Menggunakan peralatan produksi dengan teknologi sederhana atau dilakukan secara manual dan/atau semi otomatis (untuk usaha rumahan bukan usaha pabrik).
11. Proses pengawetan produk sederhana dan tidak menggunakan kombinasi lebih dari 1 metode pengawetan.
12. Bersedia melengkapi dokumen pengajuan sertifikasi halal dengan mekanisme pernyataan mandiri secara online melalui portal SiHalal.

Berikut Alur Sertifikasi Halal melalui Regular:



Gambar 6.2. Alur Sertifikasi Halal Regular
 Sumber : (BPJPH, 2024)

Berikut adalah langkah-langkah pendaftaran untuk mendapatkan Sertifikasi Halal Reguler melalui Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal (BPJPH):

1. Persiapan Awal:
 - a. Pastikan pelaku usaha memiliki email aktif dan Nomor Induk Berusaha (NIB) Berbasis Risiko. Jika belum, lakukan pendaftaran atau migrasi NIB melalui sumber yang relevan.
 - b. Buat akun di Sistem Informasi Halal (SIHALAL) dan ajukan permohonan sertifikasi halal dengan mengisi data dan mengunggah dokumen persyaratan melalui SIHALAL.
2. Verifikasi Data dan Dokumen:

BPJPH akan memverifikasi kesesuaian data dan kelengkapan dokumen permohonan.
3. Penetapan Biaya Pemeriksaan:

Lembaga Pemeriksa Halal (LPH) akan menghitung, menetapkan, dan mengisikan biaya pemeriksaan di SIHALAL.
4. Pembayaran dan Verifikasi:
 - a. Lakukan pembayaran dan unggah bukti bayar (format .pdf) di SIHALAL.
 - b. BPJPH akan melakukan verifikasi pembayaran dan menerbitkan Surat Tanda Terima Dokumen (STTD) di SIHALAL.
5. Proses Pemeriksaan (Audit):

LPH akan melakukan proses pemeriksaan (audit) dan mengunggah Laporan Pemeriksaan di SIHALAL.
6. Sidang Fatwa:

Komisi Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) akan melakukan Sidang Fatwa dan mengunggah Ketetapan Halal di SIHALAL.
7. Penerbitan Sertifikat Halal:
 - a. BPJPH akan menerbitkan Sertifikat Halal.
 - b. Pelaku usaha dapat mengunduh sertifikat halal di SIHALAL jika statusnya "Terbit SH".

Dokumen Persyaratan:

1. Surat permohonan.
2. Formulir pendaftaran.
3. NIB.

4. SK Penetapan Penyelia Halal.
5. Salinan KTP dan daftar riwayat hidup.
6. Daftar nama produk dan daftar produk serta bahan yang digunakan.
7. Manual Sistem Jaminan Produk Halal (SJPH).
8. Izin edar atau Surat Tanda Lulus Uji Lab (SLHS) jika tersedia (BPJPH, 2024).

6.3.3 Kriteria Halal

Kriteria halal adalah seperangkat standar yang harus dipenuhi oleh produk agar dianggap halal sesuai dengan prinsip-prinsip agama Islam (Jumiono and Irma Rahmawati, 2020). Ini mencakup beberapa aspek penting yang meliputi:

1. Produk halal harus menggunakan bahan-bahan yang diizinkan dalam Islam dan menghindari bahan-bahan yang diharamkan. Contohnya, penggunaan daging babi, alkohol, dan produk turunannya harus dihindari dalam produksi makanan halal.
2. Proses produksi juga harus memenuhi standar kehalalan. Hal ini termasuk aspek seperti penggunaan alat dan fasilitas produksi yang bersih dari kontaminasi bahan haram, serta prosedur-produksi yang tidak melibatkan bahan-bahan terlarang.
3. Perlakuan terhadap produk selama proses produksi juga mempengaruhi status kehalalannya. Misalnya, jika produk bersentuhan dengan bahan haram atau tidak halal selama proses produksi atau penanganan, maka status kehalalannya dapat dipertanyakan.

6.3.4 Peran Lembaga Sertifikasi Halal

Lembaga sertifikasi halal memiliki peran yang krusial dalam memastikan bahwa produk makanan dan minuman memenuhi standar kehalalan yang ditetapkan oleh agama Islam (Hartati, 2019). Beberapa fungsi dan tanggung jawab utama lembaga sertifikasi halal meliputi:

1. Lembaga sertifikasi halal bertanggung jawab untuk mengembangkan dan menetapkan standar kehalalan yang akurat dan sesuai dengan ajaran agama Islam. Standar ini

mencakup persyaratan terkait bahan-bahan, proses produksi, dan perlakuan terhadap produk.

2. Lembaga tersebut menyelenggarakan proses sertifikasi halal bagi produsen dan pemilik merek. Ini melibatkan audit, verifikasi, dan pengujian untuk memastikan bahwa produk memenuhi standar yang ditetapkan.
3. Jika produk memenuhi persyaratan, lembaga sertifikasi halal akan mengeluarkan sertifikat halal yang menegaskan kehalalan produk tersebut. Sertifikat ini menjadi bukti yang diperlukan untuk memasarkan produk sebagai produk halal.
4. Lembaga sertifikasi halal juga memiliki tanggung jawab untuk memantau dan memastikan bahwa produsen terus mematuhi standar kehalalan yang telah ditetapkan. Mereka dapat melakukan audit berkala untuk memastikan bahwa produk tetap memenuhi standar.
5. Selain itu, lembaga sertifikasi halal juga memiliki peran dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya konsumsi produk halal dan pentingnya sertifikasi halal dalam memastikan kehalalan produk.

Kredibilitas dan pengakuan lembaga sertifikasi halal di tingkat nasional dan internasional merupakan hal yang sangat penting. Lembaga yang memiliki kredibilitas yang baik akan diakui oleh komunitas Muslim serta otoritas pemerintah dan industri. Pengakuan internasional dapat memperkuat posisi lembaga sertifikasi halal dalam memfasilitasi perdagangan dan mengakomodasi kebutuhan produk halal di pasar global. Oleh karena itu, lembaga sertifikasi halal yang terpercaya dan diakui akan memberikan keyakinan kepada produsen dan konsumen tentang kehalalan produk mereka (Hartati, 2019).

6.3.5 Implikasi dan Tantangan

Sertifikasi halal memiliki implikasi yang signifikan terhadap produsen makanan dan minuman, sekaligus menimbulkan berbagai tantangan dalam penerapannya:

1. Sertifikasi halal memungkinkan produsen untuk mengakses pasar yang lebih luas, terutama pasar Muslim global yang

berkembang pesat. Ini dapat meningkatkan pangsa pasar dan pendapatan bagi produsen yang memiliki sertifikasi halal. Selain itu, sertifikasi halal juga dapat meningkatkan citra merek dan kepercayaan konsumen, karena produk dianggap sesuai dengan prinsip-prinsip agama Islam.

2. Meskipun sertifikasi halal membawa manfaat besar, proses penerapannya juga melibatkan beberapa tantangan. Salah satunya adalah biaya. Proses sertifikasi halal dapat memerlukan investasi signifikan, terutama bagi produsen yang harus melakukan perubahan dalam rantai pasokan dan proses produksi mereka. Selain itu, kompleksitas proses sertifikasi dan regulasi yang berbeda di setiap negara atau wilayah juga menjadi tantangan tersendiri bagi produsen.
3. Sertifikasi halal tidak hanya berdampak pada pasar lokal, tetapi juga memiliki dampak yang signifikan pada pasar global. Produk halal semakin diminati di pasar internasional, terutama di negara-negara dengan populasi Muslim yang besar. Dengan memiliki sertifikasi halal, produsen dapat bersaing lebih baik dalam pasar internasional dan mengakses peluang bisnis yang lebih besar.
4. Sertifikasi halal juga mempengaruhi daya saing produk di pasar internasional. Produk yang memiliki sertifikasi halal cenderung lebih diminati oleh konsumen Muslim di seluruh dunia, sehingga meningkatkan daya saing mereka dibandingkan dengan produk yang tidak memiliki sertifikasi halal. Namun, produsen juga harus tetap memperhatikan kualitas produk, inovasi, dan harga agar tetap bersaing dalam pasar global yang kompetitif.

Dengan memahami implikasi dan tantangan yang terkait dengan sertifikasi halal, produsen dapat mempersiapkan diri secara lebih baik untuk memanfaatkan peluang dan mengatasi hambatan dalam memasuki pasar yang berkembang ini (Dani Umbara and Faqih Supandi, 2022).

6.3.6 Penerapan dalam Produksi Pangan

Penerapan sertifikasi halal dalam produksi makanan dan minuman membutuhkan strategi dan langkah-langkah konkret yang

disertai dengan penyesuaian dalam rantai pasokan serta proses produksi, serta pemanfaatan teknologi dan inovasi. Berikut adalah beberapa hal yang dapat dilakukan dalam penerapan sertifikasi halal:

1. Produsen perlu melakukan evaluasi menyeluruh terhadap rantai pasokan mereka. Ini termasuk memastikan bahwa bahan baku yang digunakan memenuhi standar kehalalan, mulai dari pemilihan supplier yang dapat dipercaya hingga pengelolaan stok yang terpisah antara bahan halal dan tidak halal.
2. Produsen harus melakukan penyesuaian dalam proses produksi untuk memastikan kepatuhan terhadap persyaratan halal. Ini termasuk memisahkan alat dan peralatan produksi antara produk halal dan tidak halal, serta mengatur jadwal produksi yang meminimalkan risiko kontaminasi silang antar produk.
3. Pelatihan dan pendidikan terhadap seluruh staf produksi sangat penting. Mereka perlu memahami pentingnya kehalalan produk dan prosedur-prosedur yang harus diikuti untuk memastikan kepatuhan terhadap standar halal.
4. Pemanfaatan teknologi dan inovasi dapat memperkuat penerapan sertifikasi halal dalam produksi pangan. Misalnya, sistem pelabelan otomatis yang terintegrasi dengan database bahan baku dapat membantu memastikan kesesuaian label halal pada setiap produk.
5. Produsen perlu mengimplementasikan sistem monitoring dan pemantauan yang efektif untuk memastikan kepatuhan terhadap standar halal secara berkelanjutan. Ini termasuk melakukan audit internal secara berkala dan menjaga catatan yang akurat tentang seluruh proses produksi.

Dengan mengadopsi strategi dan langkah-langkah konkret ini, produsen dapat memperkuat penerapan sertifikasi halal dalam produksi pangan mereka, sehingga memenuhi tuntutan pasar yang semakin meningkat terhadap produk halal (Jameelah and Puteri, 2020).

6.3.7 Keuntungan Bisnis

Memiliki sertifikasi halal membawa sejumlah manfaat bisnis yang signifikan, yang mencakup aspek akses pasar, citra merek, dan kepercayaan konsumen. Berikut adalah pengembangan lebih lanjut mengenai keuntungan bisnis dari sertifikasi halal:

1. Sertifikasi halal membuka pintu bagi produsen untuk mengakses pasar Muslim global yang sedang berkembang pesat. Dengan populasi Muslim yang jumlahnya terus meningkat, terutama di negara-negara dengan ekonomi yang berkembang, produk halal menjadi sangat diminati. Dengan memiliki sertifikasi halal, produsen dapat memasuki pasar ini dengan lebih mudah dan memperluas pangsa pasar mereka.
2. Sertifikasi halal dapat meningkatkan citra merek sebuah produk. Konsumen, baik Muslim maupun non-Muslim, seringkali mengaitkan sertifikasi halal dengan standar kualitas dan keamanan yang tinggi. Mereka cenderung lebih percaya pada merek yang memiliki sertifikasi halal karena dianggap memenuhi persyaratan agama dan nilai-nilai moral yang tinggi.
3. Sertifikasi halal juga dapat memperkuat kepercayaan konsumen terhadap produk. Konsumen Muslim akan merasa yakin bahwa produk yang mereka konsumsi sesuai dengan ajaran agama mereka, sementara konsumen non-Muslim juga dapat melihat sertifikasi halal sebagai jaminan atas kualitas dan keamanan produk. Ini menciptakan iklim kepercayaan yang positif di antara konsumen, yang dapat menguntungkan bisnis dalam jangka panjang.

Dengan demikian, memiliki sertifikasi halal bukan hanya tentang memenuhi tuntutan pasar atau regulasi, tetapi juga tentang memanfaatkan peluang bisnis dan memperkuat citra merek serta kepercayaan konsumen. Ini merupakan investasi yang berharga bagi kesuksesan jangka panjang sebuah perusahaan dalam pasar yang semakin kompetitif (Tahliani and Renaldi, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Badriyah, N. *et al.* (2023) 'Pendampingan Sertifikat Halal Produk Pada Umkm Sektor Makanan Dan Minuman Di Kecamatan Grati Kabupaten Pasuruan', 6(3), pp. 547–553.
- BPJPH (2024) *BPJPH Halal, Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal*. Available at: <https://bpjph.halal.go.id/detail/sertifikasi-halal>.
- Dani Umbara, B. and Faqih Supandi, A. (2022) 'Analisis Strategi Pengembangan UMKM Halal di Jember dalam Menghadapi Persaingan Pasar Nasional (Studi pada Peluang dan Tantangan)', *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam (JEBI)*, 2(2), pp. 86–103. Available at: <https://doi.org/10.56013/jebi.v2i2.1584>.
- Hartati, R. (2019) 'Peran Negara Dalam Pelaksanaan Jaminan Produk Halal', *ADIL: Jurnal Hukum*, 10(1), pp. 72–92. Available at: <https://doi.org/10.33476/ajl.v10i1.1066>.
- Jameelah, M. and Puteri, N.E. (2020) 'Penerapan Cara Produksi Pangan yang Baik pada Industri Kecil Menengah (IKM) yang Telah Tersertifikasi Halal LPPOM MUI Provinsi DKI Jakarta', *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(4), p. 197. Available at: <https://doi.org/10.36722/sst.v5i4.418>.
- Jubba, H. (2023) 'KURIOSITAS Media Komunikasi Sosial dan Keagamaan Contribution of Halal Certification to Industrial Development in Indonesia', 16.
- Jumiono, A. and Irma Rahmawati, S. (2020) 'Kriteria Sertifikasi Halal Barang Gunaan Di Indonesia', *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 2(1), pp. 10–16. Available at: <https://ojs.unida.ac.id/JIPH/article/view/4420>.
- Mail, D.A.A. *et al.* (2021) 'Kebijakan Pemotongan Sapi di RPH (Rumah Potong Hewan) Dalam Kaitannya dengan Prinsip Manajemen Halal dan HACPP (Hazard Analysis Critical Control Point)', *Halal Research Journal*, 1(1), pp. 20–38. Available at: <https://doi.org/10.12962/j22759970.v1i1.33>.
- Putro, H.S. *et al.* (2023) 'Membangun Industri Halal dalam Mendukung Masterplan Ekonomi Syariah Indonesia melalui

- Program Gerakan Menuju Sertifikasi Halal (GEMESH)', *Sewagati*, 7(4 SE-), pp. 584–592. Available at: <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.544>.
- Ridwan, A., Trenggonowati, D.L. and Parida, V. (2019) 'Usulan Aksi Mitigasi Risiko Rantai Pasok Halal Pada Ikm Tahu Bandung Sutra Menggunakan Metode House of Risk', *Journal Industrial Servicess*, 5(1), pp. 112–120. Available at: <https://doi.org/10.36055/jiss.v5i1.6512>.
- Suwanto, S. and Gunawan, I. (2021) 'Ekosistem Pesantren dalam Mewujudkan Manajemen Halal Supply Chain Menuju Madani Society 5.0', *Mabny: Journal of Sharia Management and Business*, 1(02), pp. 116–128. Available at: <https://doi.org/10.19105/mabny.v1i02.5198>.
- Tahliani, H. and Renaldi, R. (2023) 'Sertifikasi Halal Dan Implikasinya Untuk Meningkatkan Daya Saing Perusahaan', *Syar'ie*, 6(1), pp. 1–12.

BIODATA PENULIS



Zurni Nurman, S. ST, M. Biomed

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetika
Poltekkes Kemenkes Padang

Penulis lahir di Padang tanggal 16 Juli 1976. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetika Poltekkes Kemenkes Padang. Menyelesaikan pendidikan D4 pada Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Padang dan melanjutkan S2 pada Prodi Biomedik Universitas Andalas Padang.

BIODATA PENULIS



Monika Rahardjo, S.T., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Kristen Satya Wacana

Penulis lahir di Semarang pada tanggal 7 Juni 1990. Penulis adalah seorang dosen aktif yang bekerja di Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga. Penulis menempuh Program Sarjana di jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan Bandung dan Program Magister di jurusan Teknologi Pangan Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penulis mempunyai bidang keahlian Food Engineering dan bidang minat di Teknologi Bakery. Penelitian terbaru penulis adalah memanfaatkan air botani buah asli Indonesia sebagai campuran *starter* pembuatan roti *sourdough*. Bidang penelitian yang sedang dikerjakan penulis adalah mengenai roti dan produk *bakery* lainnya yang menggunakan biang *sourdough*.

BIODATA PENULIS



Puji Sugeng Ariadi, S.Pi, M.Ling

Inspektur Mutu pada Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Surabaya I

Penulis lahir di Trenggalek tanggal 12 Juli 1983. Penulis adalah Pengawas perikanan pada Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Surabaya I dan dosen tidak tetap pada Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menyelesaikan Pendidikan D3 jurusan Teknik Pengolahan Hasil Perikanan di Akademi Perikanan Sidoarjo; Pendidikan S1 di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Satya Negara Indonesia Jakarta; dan Pendidikan S2 ditempuh pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menekuni bidang menulis dengan menghasilkan beberapa jurnal antara lain pada *Economic and Social of Fisheries and Marine Journal*; *Jurnal Ilmu Perikanan Samakia*; dan *Jurnal Warta Industri Hasil Pertanian Kemenperin RI* dan Buku Pengantar Bahan Baku Perikanan Tahun 2022.

BIODATA PENULIS



Abd. Syukur Lumbessy, S.TP.,M.Sc.

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate

Penulis lahir di Desa Waitina, Kabupaten Kepulauan Sula tanggal 09 Juli 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Khairun. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Khairun dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis menekuni bidang Menulis sejak tahun 2016.

Beberapa tulisan ilmiah populer yang dimuat di Malut Post adalah Peran pengawasan mutu dalam industri pangan, Identifikasi penggunaan senyawa toksik dalam produk olahan pangan, Pengolahan tepung biji – bijian berbasis tanaman kayu, Pengaruh lama fermentasi biji terhadap karakteristik lemak kakao. Penulis anggota dalam Buku Potensi dan Strategi Pengembangan Tanaman Aneka Kacang Sebagai Bahan Baku Industri. Buku Teknologi Pengolahan Ungas. Buku Teknologi Pengolahan Pangan Herbal.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: abdulsyukurthaclib@gmail.com

BIODATA PENULIS



Karina Bianca Lewerissa

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan

Penulis lahir di Bogor tanggal 13 Maret 1970. Saat ini penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Penulis menempuh pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian di Insitut Pertanian Bogor pada tahun 1993 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Food Technology di Wageningen University and Research, The Netherlands di tahun 2009. Pendidikan S3 ditempuh di Rutgers University, The State University of New Jersey. Gelar Doktor diraih pada tahun 2022. Penulis menekuni penelitian di bidang Kimia Pangan, Keamanan Pangan, dan Pangan Fungsional.

BIODATA PENULIS



Jamil Anshory, SKM., M.Si

Dosen Program Studi Gizi

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Samboja tanggal 21 Februari 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat di Universitas Muslim Indonesia, kemudian melanjutkan S2 pada Pada Program Studi Ilmu Gizi di Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.