

KNEKS
Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah



MODUL

Metodologi Penelitian Riset
Bidang Sains Halal



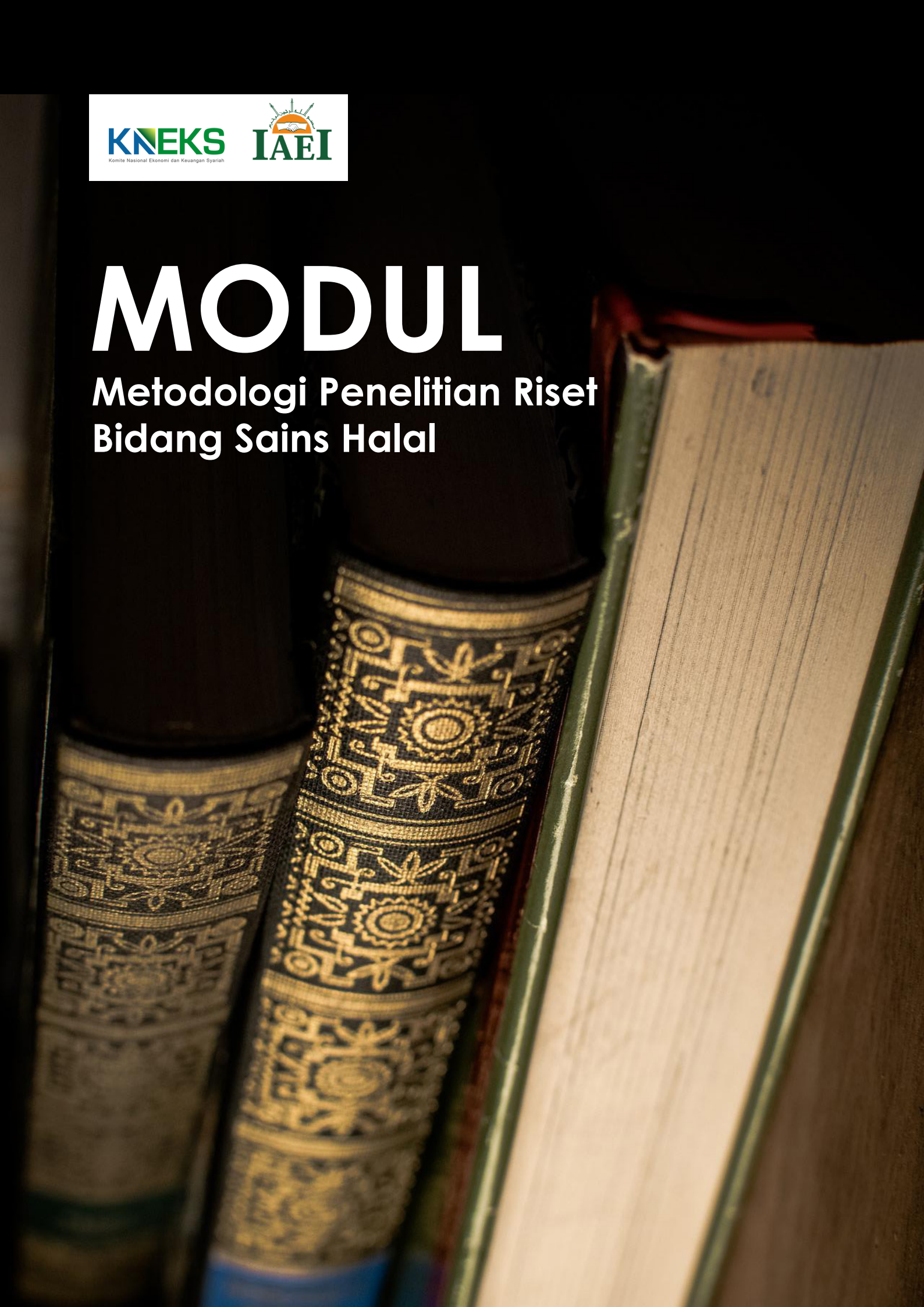


KNEKS
Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah



MODUL

**Metodologi Penelitian Riset
Bidang Sains Halal**



MODUL

Metodologi Penelitian Riset Bidang Sains Halal

Penasehat

Dr. Taufik Hidayat, M.Ec

Tim Penulis

Prof. Dr. Irwandi Jaswir

Prof. Dr. Nurkhasanah Mahfudh MSi Apt.

Tim Editor

Dr. Muhammad Quraisy

Dr. Ginanjar Dewandaru

Dr. Sutan Emir Hidayat

Fayca Rudhatin S., M.Si

Citra Atrina Sari, S.E

Nadiyah Hidayati, MM

Dr. Irfan Syaumi Beik

Prof. Dr. Raditya Sukmana

Penerbit

Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah
(KNEKS)

Gedung Permata Kuningan Lantai PH

Jalan Kuningan Mulia No. 9C, 12830

No Telpon: 021 – 8068 – 3350

E-mail: humas@kneks.go.id

HAK CIPTA © 2022 Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Islam (KNEKS), Indonesia. Hak Cipta Dilindungi Undang – Undang. Dilarang memperbanyak publikasi ini dalam bentuk apapun tanpa persetujuan tertulis dari Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Islam (KNEKS).

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh



Dr. Taufik Hidayat, M. Ec

Plt. Direktur Eksekutif
Komite Nasional Ekonomi dan
Keuangan Syariah (KNEKS)

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat ALLAH Subhanahu Wa Ta'ala yang telah mencurahkan segala rahmat serta karunia-Nya, sehingga Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah (KNEKS) diberikan kekuatan dan konsistensi dalam menjalankan amanat untuk mendorong pertumbuhan ekonomi syariah nasional menuju level yang lebih tinggi.

Masterplan Ekonomi Syariah Indonesia (MEKSI) yang berisi pedoman dan strategi untuk mengembangkan ekonomi syariah nasional telah diresmikan oleh Presiden RI pada 14 April 2019. Salah satu strategi dalam mengembangkan ekonomi syariah yang tercantum dalam MEKSI adalah penguatan UMKM dan rantai nilai halal. Berdasarkan hal tersebut, KNEKS berinisiatif menyusun strategi nasional pengembangan industri halal. Strategi ini bertujuan untuk menjadikan industri halal dan ekonomi syariah sebagai salah satu penopang utama perekonomian nasional, dan menjadi bagian penting dalam mewujudkan aspirasi bangsa sebagai negara yang berdaulat, mandiri, adil, makmur, dan madani. Salah satu turunan dari strategi tersebut adalah pengembangan sektor industri halal melalui riset dan pengembangan bahan substitusi non-halal. Tidak bisa dipungkiri bahwa dalam kultur masyarakat kita yang masih awam, masih banyak dijumpai produk makanan yg tidak sehat, tidak aman serta tidak halal menjadi konsumsi sehari-hari. Menjadi ironi bagi sebuah negara seperti Indonesia yang populasi Muslim-nya merupakan yang terbesar di dunia, dimana produk-produk non-halal masih banyak dijumpai dan dikonsumsi oleh masyarakat.

Adapun penyusunan Buku Metodologi Penelitian Riset Sains Halal, Buku Direktori Riset Ekonomi & Keuangan Syariah 2021-2023 dan Buku Direktori Riset Sains Halal Nasional 2021-2023 ini dimaksudkan sebagai salah satu instrumen untuk mendorong pertumbuhan ekonomi syariah di Indonesia khususnya melalui pengembangan riset

dan inovasi. Secara lebih spesifik, kita berharap buku ini mampu mendorong munculnya inovasi-inovasi baru melalui riset oleh akademisi dan peneliti. Khususnya dalam kondisi pandemi COVID-19 seperti saat ini, dimana terjadi keterbatasan kegiatan ekspor dan impor bahan baku industri sehingga dibutuhkan suatu terobosan dalam melakukan optimalisasi pemanfaatan bahan baku lokal yang halal untuk memenuhi kebutuhan industri produk halal dalam negeri. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh tim penyusun buku ini. Dengan dukungan dari semua pihak, baik Kementerian/Lembaga terkait maupun pelaku industri halal nasional, semoga seluruh hal yang kita cita-citakan dan upayakan dalam pengembangan ekonomi Syariah berdampak positif bagi pembangunan ekonomi nasional dan memberikan kesejahteraan bagi seluruh masyarakat Indonesia.

Jakarta, Agustus 2022
Direktur Eksekutif KNEKS

Dr. Taufik Hidayat, M. Ec
Plt. Direktur Eksekutif Komite
Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahiim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan ridha-Nya, Buku Direktori Riset Ekonomi dan Keuangan Syariah ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Ekonomi syariah dewasa ini terus mengalami perkembangan pesat baik dalam tataran global maupun nasional. Tumbuhnya beberapa institusi ekonomi dan keuangan syariah di beberapa negara maju dan berkembang juga ikut menegaskan hal tersebut. Laporan State of the Global Islamic Economy Report 2021/2022 menyatakan bahwa ada sekitar lebih dari 1,9 Miliar penduduk Muslim yang menjadi konsumen produk halal. Pengeluaran penduduk Muslim diperkirakan mencapai US\$2,8 triliun pada tahun 2025 dengan Tingkat Pertumbuhan Kumulatif Tahunan (CAGR) 4 tahun sebesar 7,5% (GIER 2021/2022). Angka ini berasal dari konsumsi makanan-minuman halal, diikuti oleh fesyen Muslim, pariwisata ramah Muslim, media dan rekreasi halal, serta obat-obatan dan kosmetik halal. Potensi ini diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan populasi Muslim di tingkat global.

Indonesia yang merupakan salah satu negara dengan jumlah populasi penduduk Muslim terbesar di dunia yaitu sekitar 237,53 juta jiwa, menyimpan potensi ekonomi syariah yang sangat besar. Dengan sumber daya alam yang melimpah serta sumber daya manusia (SDM) yang terus meningkat kuantitas dan kualitasnya, Indonesia memiliki modal yang besar untuk menjadi pusat ekonomi syariah dunia. Indonesia juga merupakan pasar yang sangat menentukan dalam perdagangan produk halal dunia. Indonesia merupakan konsumen produk makanan-minuman halal (halal food) terbesar di dunia dengan nilai konsumsi sebesar 114 miliar dolar AS pada tahun 2020. Dengan terus meningkatnya perekonomian Syariah global, Indonesia sebagai negara dengan jumlah populasi Muslim terbesar di dunia seyogyanya tidak hanya berperan sebagai konsumen namun juga diharapkan dapat berperan sebagai salah satu pemain utama atau produsen di tengah potensi pasar industri halal yang besar.



Sutan Emir Hidayat Ph.D.

**Direktur Infrastruktur
Ekosistem Syariah**
Komite Nasional Ekonomi dan
Keuangan Syariah (KNEKS)

Riset dan pengembangan (R&D) memegang peranan penting dalam memajukan dan meningkatkan daya saing suatu bangsa. Salah satu karakteristik negara maju adalah besarnya peran penelitian dalam mengembangkan industri di negara tersebut. Semakin tinggi kualitas dan kuantitas penelitian yang dilakukan di suatu negara, maka semakin banyak dampak positif yang akan dirasakan oleh negara tersebut.

Buku Metodologi Penelitian Riset Sains Halal ini diharapkan dapat menjadi acuan para peneliti di bidang sains halal di berbagai pusat riset halal di Indonesia serta dapat menjadi titik awal kolaborasi dan link and match riset antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah khususnya di bidang Sains Halal. Lebih lanjut saya juga mengajak seluruh pemangku kepentingan (stakeholders) seperti badan penelitian dan pengembangan (balitbang) lainnya, pusat kajian halal (halal center) dan perguruan tinggi, serta segenap pelaku industri untuk terus proaktif dalam melakukan kegiatan-kegiatan riset dan inovasi ekonomi Syariah yang unggul, strategis dan bertaraf internasional sehingga dapat mendukung cita-cita Indonesia menjadi pemain utama serta pusat ekonomi Syariah terkemuka di dunia.

Terima Kasih

Wabillahitaufik Walhidayah
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Jakarta, Agustus 2022
Direktur Infrastruktur Ekosistem
Syariah KNEKS

Sutan Emir Hidayat Ph.D.
Direktur Infrastruktur
Ekosistem Syariah KNEKS



sumber : pixabay.com

Kata Pengantar	5
Daftar Isi	10
Daftar Gambar	13
Daftar Tabel	14



sumber : pixabay.com

I

Pendahuluan

1.1.	Latar Belakang	15
1.2.	Ekosistem Halal	16
1.3.	Inovasi Industri Halal	17



sumber : pixabay.com

II

Tema-Tema Riset Sains Halal Berdampak Tinggi di Indonesia

2.1.	Tema Riset Pengembangan Material: Substitusi Bahan - Bahan Non - Halal	19
2.1.1.	Gelatin Babi	19
2.1.2.	<i>Bone Charcoal</i> (Arang Tulang)	21
2.1.3.	Alkohol	22
2.1.4.	Enzim	24
2.1.5.	Bahan-Bahan Non-Halal Pada Produk Farmasi	25
2.2.	Tema Riset Pengembangan Proses	25
2.2.1	Permasalahan Pada Industri Fermentasi	25
2.2.2	Permasalahan Pada Industri Berbasis Rekayasa Genetika	27
2.3.	Tema Riset Pengembangan Autentikasi Produk halal	28

DAFTAR ISI



Metodologi Riset Sains Halal

3.1. Riset Substitusi Bahan Non-Halal	30
3.1.1. Gelatin	30
3.2. Riset Autentikasi Halal	39
3.2.1. Validasi Metode Analisis	41
3.2.2. Analisis Alkohol	46
3.2.2.1. Analisis Alkohol dengan Spektrofotometri UV-Vis	46
3.2.2.2. Analisis Alkohol Menggunakan Gas Chromatography (GC)	47
3.2.3. Analisis Derivat Babi	48
3.2.3.1. Kemometrika	51
3.2.3.2. FTIR Spectrophotometry	52
3.2.3.3. Differential Scanning Calorimetry (DSC)	58
3.2.3.4. Gas Chromatography (GC)	62
3.2.3.5. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	67
3.2.3.6. Polymerase Chain Reaction (PCR)	70
3.2.3.7. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)	75
3.2.3.8. Pembau Elektronik (Electronic-Nose)	77



IV

Riset Sains Halal untuk Publikasi Jurnal Berimpak Tinggi

4.1. Investigasi Biomarker Babi dalam Makanan Terkontaminasi untuk Autentikasi Halal Menggunakan Instrumen Berbasis Sinar (Rays)	79
4.1.1. Latar Belakang	79
4.1.2. Signifikansi	81
4.1.3. Investigasi Biomarker Babi	82
4.1.3.1. Analisis Bioinformatika	82
4.1.3.2. Menggunakan Instrumen	84
4.1.3.3. Identifikasi Struktur Biomarker	87
4.1.3.4. Pemodelan Biomarker	88
4.2. Aplikasi Big Data untuk Riset Sains Halal	89
4.2.1. Pendahuluan	89
4.2.2. Justifikasi	90
4.2.3. Data Quality Assessment	91
4.2.4. Decision Tree (Pohon Keputusan)	92
4.2.5. Total Data Quality Management (TDQM)	93
4.2.6. Hasil Penilaian Kualitas Data Spektrum Halal	95
4.2.7. Decision Tree Spektrum Halal	96



Riset Berimpak Faktor Tinggi untuk Paten dan Komersialisasi

5.1. Potensi Bisnis Gelatin di Indonesia	100
5.1.1. Pendahuluan	100
5.1.2. Konsep Dasar Makanan Halal	101
5.1.3. Dimensi Ekonomi Halal Global	103
5.1.4. Gelatin Sebagai Bahan Baku Produk Makanan, Kosmetik, dan Farmasi	104
5.1.5. Ikan Sebagai Bahan Baku Alternatif	106
5.1.6. Perhitungan Ekonomis Produksi Gelatin	107
5.1.7. Kesimpulan dan Rekomendasi	109
5.2. Ketertelusuran Halal	110
5.3. Sensor: Analisis Lemak Babi Menggunakan Portable E-Nose	114
5.3.1. Pendahuluan	114
5.3.2. Perangkat Desain	115
5.3.2.1. Fitur	115
5.3.2.2. Pemilihan Sensor	115
5.3.3. Percobaan	116
5.3.4. Hasil Kajian	118
5.3.5. Kesimpulan	121
5.4. Kawasan Industri Halal 2.0	122
5.4.1. Konsep Halal 2.0	122

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Mutu gelatin menurut SNI 01-3735-1995.....	35
Tabel 2. Kriteria gelatin untuk pangan (GMIA, 2012).....	36
Tabel 3. Persyaratan kandungan mikroba gelatin (Sebastian, 2014)	38
Tabel 4. Produk yang wajib dilakukan analisis laboratorium pada saat proses sertifikasi oleh LPPOM (LPPOM MUI, 2018).....	40
Tabel 5. Persyaratan RSD untuk penetapan kadar impuritas.....	42
Tabel 6. Rentang perolehan kembali (recovery) yang diterima pada konsentrasi analit yang berbeda.....	43
Tabel 7. Komposisi asam lemak dalam lemak babi (lard) (Codex Alimentarius, 1999).....	50
Tabel 8. Kajian penggunaan spektrofotometri FTIR dalam analisis derivat babi.....	52
Tabel 9. Variasi konsentrasi sampel bakso daging sapi dan babi...	54
Tabel 10. Kajian penggunaan DSC dalam analisis derivat babi.....	58
Tabel 11. Kajian penggunaan GC/GC-MS dalam analisis derivat babi.....	63
Tabel 12. Komposisi asam lemak metil ester (FAME) dalam sosis.....	66
Tabel 13. Penggunaan KCKT untuk analisis non-halal	68
Tabel 14. Komposisi TAG pada lemak dari babi, ayam, sapi, kamb ing dan minyak ikan.....	69
Tabel 15. Autentikasi produk menggunakan PCR	73
Tabel 16. Kajian penggunaan ELISA untuk autentikasi	76
Tabel 17. Kajian penggunaan pembau elektronik untuk autentikasi halal	77
Tabel 18. Contoh hasil set data mining processing of Decision Tree FTIR untuk Rapid Miner Studio versi 9.7.000.....	97
Tabel 19. Top Muslim Consumer Food Expenditure Markets (2018 est., dalam US\$ bil	104
Tabel 20. Data impor gelatin 2015 - 2018 (Sumber: Badan Pusat Statistik 2020)	105
Tabel 21. Sumber gelatin dan hasilnya dari beberapa jenis ikan..	107
Tabel 22. Skenario penggunaan bahan baku pabrik gelatin.....	108
Tabel 23. Rincian Area Tematik Utama	112
Tabel 24. Profil dekanal diukur dalam indeks Kovats.....	116
Tabel 25. Daftar pengklasifikasi yang diterapkan	120

I Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Undang-Undang No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja (UU Ciptaker) sudah disahkan oleh Dewan Perwakilan Rakyat pada awal Oktober 2021 yang lalu. Banyak catatan dialamatkan pada UU Ciptaker yang merupakan revisi terhadap sejumlah Undang-Undang sebelumnya. Dalam konteks halal, UU Ciptaker banyak disorot terkait integritas kehalalalan (halal integrity), dimana dalam Pasal 4A ayat 1 dan 2 disebutkan pelaku usaha mikro dan kecil (UMK) kewajibannya untuk bersertifikasi halal berdasarkan pernyataan pelaku usaha sendiri (self declare). Mekanisme ini nantinya akan diatur berdasarkan standar halal yang ditetapkan oleh BPJPH.

Konsep self declare cukup beresiko seandainya pelaku usaha mikro itu tidak memiliki pengetahuan yang mendalam mengenai produk halal, terutama menyangkut penggunaan bahan tambahan serta prosesnya. Untuk itu, regulasi atau aturan lain yang dibuat oleh BPJPH nanti sangat penting untuk menjaga integritas kehalalalan ini.

Terlepas dari berbagai reaksi dan kontroversinya, UU Ciptaker ini mencatat beberapa poin signifikan terhadap perkembangan industri halal Indonesia, seperti yang telah disampaikan oleh Bapak Wakil Presiden RI dimana Indonesia ditargetkan akan menjadi negara produsen produk halal terbesar dunia pada tahun 2024.

Salah satu poin penting dalam UU Ciptaker tersebut adalah semangat untuk mendorong Indonesia agar lebih berorientasi industri dan ekspor. Sejatinya, Undang-Undang ini berorientasi mempercepat pengembangan industri halal Indonesia dengan penyederhanaan atau relaksasi berbagai aturan. Indonesia sebagai negara Muslim terbesar seharusnya sudah lama menjadi pemain utama dunia dalam sektor halal yang pasarnya mencapai USD 3.1 triliun per tahun.



sumber: haluanpodang.com

Pasar industri halal yang memiliki prospek sangat besar didominasi oleh beberapa negara yang mayoritas non-Muslim seperti Australia dan Selandia Baru yang menguasai pasar daging halal dunia; Brazil yang menguasai pasar ayam halal dunia; serta Korea Selatan yang menguasai pasar kosmetik halal dunia. Bahkan, di Asia Tenggara, Thailand yang hanya memiliki 5% populasi Muslim kini menjadi negara yang merupakan salah satu pengeksport produk halal terbesar di dunia serta memproduksi beragam produk halal. Selain itu, negara mayoritas non-Muslim di benua Asia seperti Jepang dan Cina serta negara-negara di benua Eropa kini tidak mau ketinggalan dalam mengejar peluang untuk menguasai pangsa pasar halal global khususnya pada sektor pariwisata ramah Muslim.

1.2. Ekosistem Halal

Salah satu aspek ketertinggalan Indonesia pada sektor industri halal yaitu belum optimalnya ekosistem industri halal nasional. Tidak dinafikan bahwa sertifikasi halal Indonesia yang dikeluarkan oleh LPPOM MUI termasuk sertifikasi halal yang sangat dihormati dan mendapatkan respek di pasar global. Namun selama kurun waktu 30 tahun terakhir, Indonesia lebih banyak fokus pada aspek sertifikasi halal saja. Sedangkan peta jalan pengembangan industri halal Indonesia sendiri baru disusun pada tahun 2021 ini.

Di dalam sebuah ekosistem industri halal, paling tidak terdapat 5 sektor yang menjadi prioritas, yaitu produksi (production), jasa (services), infrastruktur (infrastructure), sumber daya manusia (human resource), dan dukungan pemerintah (government support) dimana pada setiap sektor-sektor tersebut ada beberapa subsektor lagi yang menjadi inisiatif. Sertifikasi halal sendiri seharusnya hanya salah satu dari beberapa inisiatif tersebut. Selain fokus pada sertifikasi halal (sesuai amanat Undang Undang No.33 tahun 2014 tentang Jaminan Produk Halal), inisiatif inisiatif lain juga perlu dilakukan dalam membangun ekosistem industri halal di Indonesia sehingga negara kita tidak hanya menjadi konsumen untuk produk halal dan tidak tertinggal dengan negara-negara lain dalam mengejar prospek pasar halal global senilai USD 3 triliun.

Indonesia dapat belajar dari negara Muslim lain seperti Malaysia sebagai negara yang menempati ranking teratas dalam Global Islamic Economy Indicator dalam beberapa tahun terakhir dimana negara jiran tersebut telah memiliki peta jalan industri halal sejak 30 tahun lalu. Di dalam ekosistem industri halal, aspek halal telah menjadi bagian yang sentral dan penting bagi banyak agensi pemerintah di Malaysia. Sehingga tidak heran, ketika pemerintah Malaysia mencanangkan diri sebagai pusat halal dunia (world halal hub) maka pada setiap kementerian seperti misalnya pada Kementerian Pendidikan, Kementerian Pendidikan Tinggi, maupun Kementerian Riset terdapat divisi dan unit khusus tertentu yang membantu, menginisiasi serta melahirkan program-program yang berkaitan dengan sektor industri halal. Saat ini terdapat 21 agensi pada berbagai Kementerian dan Lembaga di Malaysia yang terkait secara langsung dengan program-program pada sektor industri halal di Malaysia.

1.3. Inovasi Industri Halal

Riset dan inovasi tidak dapat dipungkiri menjadi bagian yang sangat penting dalam sebuah ekosistem industri halal. Di banyak negara, tren inovasi dan riset ke depan yaitu yang terkait dengan artificial intelligence (AI), IoT, blockchain, big data dan lain-lain juga sudah mulai merambah sektor industri halal.

Industri halal yang berbasis digital saat ini juga tumbuh semakin pesat misalnya salah satu platform marketplace social commerce Halal terbesar di Asia Tenggara yang didukung dengan dana melimpah dan adopsi teknologi terkini. Halal traceability (ketelusuran halal) yang menggunakan teknologi blockchain dan big data sudah dikembangkan oleh beberapa negara seperti Thailand dan Malaysia. Berbagai aplikasi IT untuk panduan halal, terutama untuk kosmetik, kini sangat marak digunakan seperti Korea Selatan. Food forensic (investigasi makanan) dengan pendekatan IoT (internet of things) juga telah menjadi tren populer di Jepang. Bahkan sebuah teknologi blockchain kini telah dikembangkan dan diaplikasikan pada rumah-rumah potong hewan di Singapura untuk memberikan kepastian terkait aspek halal integrity (integritas halal), karena dengan teknologi ini, konsumen dapat mengetahui 'sejarah' dan asal-usul hewan ternak yang akan disembelih dan bagaimana penanganan hewan ternak tersebut.

Dewasa ini juga dapat dilihat kemajuan ilmu biosains serta nano teknologi yang sangat pesat. Produk-produk kosmetik dan farmaseutikal berbasis nano-materials yang halal sudah mulai banyak beredar di pasaran. Komponen-komponen alternatif pengganti bahan-bahan yang dicurigai non-halal semakin mudah ditemukan melalui pendekatan riset-riset di bidang biosains. Bahkan banyak alat atau device serta biosensor baru yang dapat mendeteksi ketidakhallalan bahan non-halal tercipta melalui riset pada bidang tersebut.

Akhirnya, sangat penting untuk membangun ekosistem halal yang menyeluruh sehingga Indonesia dapat mewujudkan mimpinya menjadi pemain utama pada sektori industri halal di tingkat dunia. Kerangka riset sains halal ini memberi berbagai ide dan inovasi terkait bidang sains halal sehingga para peneliti dan saintis dapat ikut berperan dalam mengemban tugas menciptakan ekosistem industri halal yang komprehensif dan menyeluruh.



II Tema-Tema Riset Sains Halal Berdampak Tinggi di Indonesia

Topik tentang halal di Indonesia menjadi semakin menarik sejak dikeluarkannya Undang-undang Jaminan Produk Halal (UU JPH) No 33 tahun 2014 yang mewajibkan semua produk yang beredar di wilayah Indonesia harus bersertifikat halal. Sertifikasi halal produk-produk yang dihasilkan oleh industri-industri pengolahan melibatkan banyak hal yang memerlukan komitmen dan biaya yang tidak sedikit.

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi merupakan permasalahan besar di dalam industri. Kejelasan status kehalalan bahan (bahan baku dan bahan penolong) menjadi permasalahan yang sangat penting. Bahan-bahan yang digunakan kadang-kadang merupakan hasil antara dari industri pengolahan lain, yang melewati proses-proses dan penerapan teknologi yang tidak sederhana, sehingga tidak mudah untuk menentukan status kehalalannya. Permasalahan lain dalam bahan-bahan atau material tersebut adalah seringnya terjadi kontaminasi secara sengaja (pemalsuan/ pencampuran) dengan bahan non halal atau tidak sengaja tercampur dengan bahan non-halal karena proses produksi sehingga menyebabkan kontaminasi.

Sehingga pengembangan teknologi proses produksi yang menjamin bebasnya penggunaan bahan-bahan yang berasal dari babi dan turunannya dan tidak adanya kontaminasi najis, merupakan salah satu topik riset halal yang perlu menjadi perhatian. Sebagai contoh proses-proses yang memungkinkan penggunaan bahan-bahan najis dalam proses penyaringan/pengolahan air seperti penggunaan karbon aktif dari tulang hewan, proses penyaringan minyak goreng yang juga memungkinkan penggunaan karbon aktif dari tulang hewan serta proses-proses lain yang masih memerlukan pengembangan melalui riset-riset yang terstruktur dan berorientasi output teknologi tepat guna.





Masih seringnya dijumpai kontaminasi bahan-bahan non halal, menunjukkan pentingnya pengembangan teknologi autentikasi untuk mempermudah uji laboratorium dalam mendukung keputusan halal atau memberikan kemudahan bagi konsumen untuk mengambil keputusan. Teknik autentikasi cemaran babi menggunakan teknik PCR (Polymerase Chain Reaction) saat ini diakui memiliki akurasi yang tinggi. Tetapi masih banyak memiliki kelemahan antara lain mahalnya biaya serta teknologi penanganan yang rumit. Di sisi lain, deteksi alkohol dalam produk saat ini juga masih menggunakan instrumen-instrumen yang cukup mahal, seperti kromatografi gas. Beberapa pengembangan teknologi untuk deteksi alkohol memang sudah dilakukan tetapi masih dalam tahap pengembangan menunggu untuk tahap komersialisasi.



2.1. Tema Riset Pengembangan Material: Substitusi Bahan – Bahan Non-Halal

2.1.1. Gelatin Babi

Gelatin merupakan zat yang diperoleh dengan cara mengekstrak kolagen dari tulang rawan atau kulit hewan (sapi, ikan, dan babi). Sedangkan kolagen merupakan protein yang berfungsi untuk membentuk kelenturan dan kekuatan jaringan tubuh. Gelatin yang sering digunakan merupakan gelatin yang diperoleh dari babi. Selain berfungsi sebagai agen pembentuk gel, gelatin babi juga dapat digunakan sebagai agen pencerah pada minuman dengan cara bereaksi dengan tannin dan menyerap keruh pada cairan. Gelatin juga dapat berfungsi sebagai emulgator dalam sediaan farmasi. Emulgator merupakan suatu zat perantara untuk mencampurkan zat yang sifatnya bertolak belakang (tidak bisa bercampur). Pada pembuatan vaksin, gelatin babi digunakan sebagai stabilisator agar vaksin dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama (Sebastian, 2014).

Gelatin adalah senyawa turunan protein yang diperoleh dengan cara mengekstrak kolagen hewan. Biasanya, gelatin berbentuk kering atau pasta. Meski begitu, masing-masing memiliki sifat yang spesifik. Sifat alamiah kolagen tidak larut dalam air, sementara gelatin larut pada air. Selain dari sumbernya, titik kritis kehalalan kolagen selanjutnya terletak pada saat proses ekstraksi. Terdapat dua cara dalam mengekstraksi kolagen menjadi gelatin yaitu dengan pengasaman dan enzimatis (Mariod & Adam, 2013).

Berdasarkan data, Indonesia mengimpor hampir 6 juta kilogram gelatin setiap tahunnya, dengan nilai sekitar 450 milyar USD (Badan Pusat Statistik, 2019). Laporan menunjukkan bahwa dari jumlah gelatin yang diproduksi setiap tahunnya, 46% berasal dari kulit babi, 28,4% dari kulit sapi, 23,1% berasal dari tulang dan sisanya adalah dari sumber lainnya (Ali et al., 2018). Ketersediaan gelatin halal juga masih sangat terbatas di pasaran. Sementara, permintaan terhadap gelatin halal akan semakin meningkat dengan semakin berkembangnya industri halal. Sehingga usaha-usaha penelitian untuk menghasilkan gelatin halal adalah topik yang menjanjikan untuk pengembangan industri halal.



Indonesia memiliki potensi untuk pengembangan gelatin halal dari kulit dan tulang hewan halal. Data dari Badan Pusat Statistik 2019 juga melaporkan bahwa pemotongan sapi di Indonesia tahun 2019 berjumlah 1.102.256 ekor. Apabila berat hidup sapi dipotong rata-rata 350 kilogram, maka akan dihasilkan kulit sapi segar per ekor sekitar 30 kilogram atau total kulit yang dihasilkan mencapai sekitar 33.067 ton. Jumlah tersebut dapat memproduksi gelatin sekitar 3.300 ton. Tulang yang dihasilkan akan mencapai lebih dari 57.317 ton atau dapat memproduksi gelatin sekitar 4.580 ton gelatin (rendemen 8%). Potensi tersebut merupakan potensi yang sangat cukup untuk mencukupi kebutuhan gelatin di dalam negeri (Erwanto, 2021).

Berdasarkan data, ada sekitar 5 provinsi di Indonesia yang memiliki populasi sapi potong terbesar yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, NTB dan NTT (BPS, 2018). Sementara itu, populasi kambing terbesar di Indonesia terdapat di provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, Lampung, Jawa Barat dan Sumatera Utara (BPS, 2018). Sementara sumber alternatif gelatin dari ikan juga sangat mencukupi untuk dikembangkan. Budidaya ikan nila terbesar dapat di Sulawesi Selatan, Jawa Tengah, Jawa Timur, Lampung dan Sumatera Utara (Jaswir et al., 2020).

2.1.2. Bone Charcoal (Arang Tulang)

Tulang pada dasarnya merupakan pembentuk tubuh pada hewan yang membentuk komposit mengandung senyawa dari karbon, kalsium, magnesium dan bahan anorganik lainnya. Tulang dapat diolah menjadi produk yang bernilai jual yaitu arang aktif, beberapa penelitian telah membuktikan bahwa limbah tulang hewan dapat diolah menjadi arang aktif dengan berbagai perlakuan aktivasi (Mohammed et al., 2012). Berbagai jenis tulang dari spesies hewan yang berbeda-beda telah dikembangkan antara lain yaitu unggas, babi, sapi dan domba. Sumber daya tulang dari jenis hewan tersebut sangat melimpah di berbagai belahan dunia (Alkurdi et al., 2019; Mariod & Adam, 2013).

Arang aktif yang dihasilkan melalui serangkaian proses aktivasi ini banyak digunakan dalam proses penyaringan minyak goreng dan juga pengolahan air. Dalam pengembangan industri halal, material bahan aktif ini adalah cukup kritis dan perlu diverifikasi dalam proses audit. Penggunaan arang aktif dari tulang babi tidak diperbolehkan dalam proses produksi halal, sedangkan penggunaan arang aktif dari hewan selain babi yang dipakai harus berasal dari hewan halal yang disembelih sesuai syariat Islam. Apabila karbon aktif ini berasal dari hasil tambang atau dari arang kayu/tumbuhan, maka tentu tidak menjadi masalah. Sehingga pengembangan produksi arang aktif dari sumber halal dan pengembangan teknologi aktivasi merupakan topik penelitian yang mempunyai dampak besar bagi industri halal di Indonesia.





2.1.3. Alkohol

Alkohol merupakan golongan senyawa organik dengan berbagai jenis. Struktur kimia alkohol ditandai dengan gugus fungsional hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon. Jenis alkohol umum yang banyak digunakan dalam industri pengolahan adalah etanol (C_2H_5OH). Alkohol banyak digunakan dalam proses industri obat, obat tradisional, industri makanan dan juga bahan penolong di banyak industri pengolahan sebagai pelarut dan pembersih.

Penggunaan etanol termasuk dalam titik kritis haram karena sumber etanol bisa saja dari khamr yang diharamkan. Menurut fatwa MUI Tahun 2018 mengenai penggunaan alkohol dalam obat, makanan dan kosmetika:

- a. **Minuman beralkohol yang masuk kategori khamr adalah minuman yang mengandung alkohol/etanol (C_2H_5OH) minimal 0.5%. Minuman beralkohol yang masuk kategori khamr adalah najis dan hukumnya haram baik sedikit ataupun banyak kuantitasnya.**
- b. **Penggunaan alkohol/etanol hasil industri non-khamr (baik merupakan hasil sintesis kimiawi [dari petrokimia] ataupun hasil industri fermentasi non-khamr) untuk bahan produk makanan hukumnya mubah, apabila secara medis tidak membahayakan.**
- c. **Penggunaan alkohol/etanol hasil industri non-khamr (baik merupakan hasil sintesis kimiawi [dari petrokimia] ataupun hasil industri fermentasi non-khamr) untuk bahan produk minuman hukumnya mubah, apabila secara medis tidak membahayakan dan selama kadar alkohol/etanol (C_2H_5OH) pada produk akhir kurang dari 0.5%.**

sumber : pixabay.com



“Alkohol diharamkan dalam ajaran Islam karena efeknya yang dapat memabukkan, sebagaimana sabda Nabi Muhammad SAW dalam hadis yang diriwayatkan Muslim sebagai berikut;”



كُلُّ مُسْكِرٍ خَمْرٌ وَكُلُّ مُسْكِرٍ حَرَامٌ وَمَنْ شَرِبَ الْخَمْرَ فِي الدُّنْيَا فَمَاتَ
وَهُوَ يُذَمِّنُهَا لَمْ يَتَّيَّبْ لَمْ يَشْرَبْهَا فِي الْآخِرَةِ

“Segala sesuatu yang memabukkan itu khamar. Segala sesuatu yang memabukkan itu haram. Siapa saja meminum khamar di dunia lalu ia meninggal dunia dalam keadaankecanduan dan tidak bertaubat, maka ia tidak akan meminum khamar (yang penuhnikmat) di akhirat.”

(HR Muslim No.2003)

Oleh karenanya, selain permasalahan sumber, maka kadar alkohol dalam suatu produk juga dibatasi, karena hal ini berkaitan dengan kemungkinan menimbulkan bahaya (toksisitas) dan juga menimbulkan efek memabukkan. Batasan kandungan alkohol dalam produk akhir adalah 0.5% dalam produk makanan dan minuman.

Topik riset yang berkaitan dengan alkohol yang potensial untuk dikembangkan antara lain: pengembangan bahan-bahan pengganti alkohol dalam proses produksi, pengembangan teknologi deteksi alkohol, serta pengembangan instrumen sederhana yang bisa digunakan untuk deteksi alkohol secara mandiri oleh konsumen.

2.1.4. Enzim

Enzim adalah makromolekul protein yang bersifat katalitik yaitu mampu mempercepat reaksi-reaksi kimia 108 sampai 10¹³ kali dari kecepatan normal. Enzim banyak digunakan dalam berbagai industri untuk mempercepat proses yaitu industri makanan antara lain pada produksi modifikasi amilum, industri kue, produk-produk susu, industri jus dan lain-lain. Pada industri deterjen, enzim sering ditambahkan walaupun dalam jumlah kecil untuk mempercepat proses pembersihan. Pada industri kimia dan farmasi, penggunaan enzim sangat banyak dalam proses biosintesis dan biokonversi bahan baku farmasi (Singhania et al., 2016).

Titik kritis kehalalan enzim tergantung pada sumber enzim dan bahan tambahan yang digunakan pada produksi enzim. Enzim dapat diisolasi dari organ atau bagian tubuh hewan yang lainnya seperti rennet dan pepsin yang diperoleh dari lambung anak sapi. Enzim yang berasal hewan harus dari hewan yang halal dan disembelih secara syar'i.

Isolasi enzim dari tumbuhan merupakan alternatif sumber yang aman untuk mendapatkan enzim. Enzim papain dan bromelain adalah contoh-contoh enzim yang diperoleh dari sumber tumbuhan. Namun demikian, bahan-bahan tambahan dan proses yang digunakan selama isolasi enzim ini harus diperhatikan kehalalannya. Pada pengembangan enzim halal ini setidaknya ada 2 tema utama yang bisa dikembangkan dalam riset yaitu:

a. Eksplorasi Sumber Isolasi Enzim

Pada tema ini perlu dilakukan eksplorasi alternatif sumber-sumber halal (dari hewan halal atau sumber nabati) yang memberikan produk yang optimal dari sisi kuantitas dan optimal dari sisi aktivitas.

b. Pengembangan Teknologi Produksi Enzim

Teknologi produksi enzim sering melibatkan penggunaan bahan-bahan yang kritis secara kehalalan. Perancangan produksi menggunakan bahan-bahan halal harus dirancang sejak pengembangannya dalam skala laboratorium untuk meminimalkan permasalahan pada tahap scale up dan produksi. Teknologi produksi enzim yang melibatkan penggunaan mikroba merupakan hal yang menjanjikan untuk dikembangkan.

sumber : pixabay.com



2.1.5. Bahan-Bahan Non-Halal Pada Produk Farmasi

Produk-produk farmasi juga sering ditemukan menggunakan bahan-bahan kritis dari sisi kehalalan. Bahan-bahan yang sering digunakan tersebut, antara lain:

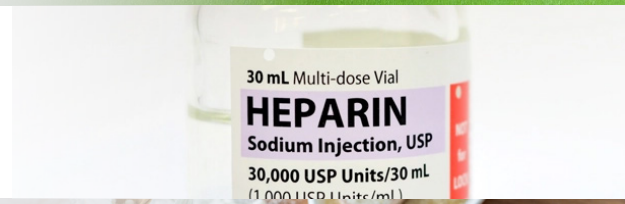
a. Insulin.

Pada awal ditemukannya insulin adalah hormon yang langsung diisolasi dari pankreas babi atau sapi. Namun saat ini, insulin diperoleh dari produk rekayasa genetika menggunakan DNA yang disisipkan ke dalam DNA E. Coli. Penggunaan DNA manusia dan babi yang disisipkan pada bakteri E. Coli akan menyebabkan insulin yang dihasilkan tidak halal.



b. Heparin.

Heparin berfungsi sebagai antikoagulan untuk mencegah darah menggumpal. Heparin umumnya diperoleh dari babi.



c. Gelatin.

Gelatin adalah protein yang dihidrolisis dari kolagen hewan (babi, kambing, sapi). Kondisi saat ini yaitu gelatin babi tersedia melimpah di pasaran dengan kualitas bagus dan harga lebih murah.



d. Alkohol.

Alkohol sering digunakan untuk sediaan obat cair. Elixir adalah sediaan obat yang mengandung alkohol. Selain itu alkohol juga sering digunakan dalam proses produksi sediaan farmasi.



2.2. Tema Riset Pengembangan Proses

2.2.1. Permasalahan pada Industri Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses terjadinya perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Proses fermentasi adalah suatu proses biologis, proses kehidupan sel hidup yang tumbuh atau berkembangbiak. Pada proses ini terjadi perubahan atau konversi zat-zat yang ada dalam medium menjadi produk-produk metabolit (internal ataupun eksternal) serta perbanyakan atau pertumbuhan sel (Stanbury et al., 2016).

Proses produksi penguat rasa (flavour enhancer) monosodium glutamate (MSG) adalah melalui proses fermentasi dengan bahan baku tetes tebu dan tepung tapioka menggunakan bakteri *Brevibacterium lactofermentum*. Bakteri ini dapat tumbuh dalam media pertumbuhan khusus yang sering menggunakan ekstrak-ekstrak hewani. Bactosoyton termasuk bahan kritis yang sering ditambahkan dalam proses fermentasi dan kritis dari segi kehalalannya.

Proses fermentasi juga dilakukan pada industri solven alkohol. Produk alkohol adalah bahan yang kritis dalam penilaian halal karena dapat menyebabkan mabuk. Produk fermentasi (metabolit) yang dihasilkan sekalipun bukan produk utama (produk samping), mungkin merupakan zat yang dapat menyebabkan mabuk (khamr) sehingga dapat dikategorikan kritis. Berdasarkan fatwa MUI No 01 Tahun 2010 tentang Penggunaan Mikroba dan Produk Mikrobial dalam Produk Pangan, diantaranya menyebutkan bahwa:

- a. **Mikroba pada dasarnya halal selama tidak membahayakan dan terkena barang najis.**
- b. **Mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang suci maka hukumnya halal.**
- c. **Mikroba dan produk mikrobial dari mikroba yang memanfaatkan unsur babi sebagai media pertumbuhan hukumnya haram.**

Sumber mikroba bisa berasal dari berbagai sumber, misal dari air, tanah, atau dari mikroba yang menempel di hewan-hewan tertentu. Mikroba yang diisolasi dari tempat-tempat najis, bisa menjadi suci dan halal setelah dicuci. Namun saat ini banyak pengembangan mikroorganisme melalui rekayasa genetika untuk menghasilkan mikroorganisme yang bisa menghasilkan produk-produk yang dihasilkan oleh manusia atau oleh hewan-hewan yang lebih tinggi lainnya melalui penyisipan gen penghasilnya pada gen mikroorganisme. Penyisipan gen ini tidak boleh menggunakan gen-gen yang berasal dari manusia dan babi.

Proses fermentasi menggunakan mikroba ini banyak dilakukan pada beberapa jenis industri, diantaranya yaitu industri kimia, industri makanan dan minuman, serta industri vitamin. Pada proses fermentasi, terdapat beberapa tahap yang menjadi titik kritis kehalalan produk yang dihasilkan, yaitu;

a. **Penyimpanan Strain Mikroba**

Strain mikroba dapat diperoleh dari hasil isolasi mandiri atau membeli dari bank kultur lalu ditempatkan di dalam freezer agar tetap in-aktif. Selama dalam freezer, strain mikroba membutuhkan zat pelindung (cryoprotectant) agar tidak rusak (Sharma et al., 2020). Zat pelindung yang biasa digunakan yaitu gliserol, laktosa, skim milk powder, tanah steril dan lainnya. Gliserol menjadi bahan dengan titik kritis tinggi terkait dengan sumber pembuatannya. Sumber pembuatan gliserol bisa berasal dari lemak babi. Oleh sebab itu, sebelum menggunakan gliserol sebaiknya diperiksa kembali bahan dasar pembuatan gliserol tersebut (Kurniadi, 2016).

b. **Penyegaran Strain pada Agar Miring (slant agar)**

Sebelum dijadikan produk inokulum, mikroba ditempatkan pada agar miring sebagai penyegaran produk. Agar miring ini mengandung nutrisi berupa sumber karbon, nitrogen dan mineral kelumit. Beberapa strain mikroba menggunakan darah hewan sebagai sumber nutrisi. Sumber karbon yang digunakan biasanya berupa gula sederhana seperti glukosa/dekstrosa. Sumber nitrogen yang digunakan umumnya berupa peptida seperti pepton yang merupakan hasil hidrolisis parsial protein. Protein dapat berasal dari hewani atau nabati, sedangkan enzim yang digunakan untuk menghidrolisis umumnya berasal dari hewani atau mikrobial. Titik kritisnya terletak pada sumber protein dan enzim untuk menghidrolisis. Enzim yang umum digunakan adalah protease yang berasal dari pankreas babi (pancreatic enzyme) (Vahid et al., 2020).

Pada media yang menggunakan darah hewan maka titik kritisnya terletak pada sumber hewan dan pada proses hilir produknya. Darah hewan yang biasa digunakan yaitu darah domba defibrinasi dijadikan sebagai suplemen darah paling efisien untuk pembuatan media agar dan digunakan sebagai standar untuk mendefinisikan reaksi hemolitik. Di Eropa, darah dari hewan kuda sering digunakan untuk pembuatan media agar darah. Darah kuda banyak mengandung faktor V (piridin nukleotida) maka darah ini lebih baik untuk pertumbuhan *haemophilus haemolyticus*, sedangkan untuk pertumbuhan kuman lainnya, seperti *streptococcus* sp lebih baik menggunakan darah domba, terutama untuk mengamati adanya hemolisis, sehingga darah kuda direkomendasikan sebagai pilihan kedua (Sharma et al., 2020).

b. Pembuatan Media Inokulum

Inokulasi merupakan proses pemindahan mikroorganisme dari inang ke dalam medium yang baru. Media yang digunakan pada inokulasi ini adalah sumber karbon, sumber nitrogen, faktor pertumbuhan (growth factor), vitamin dan mineral. Sumber karbon yang digunakan umumnya berupa gula (glukosa, sukrosa, dll), sedangkan sumber nitrogen yang digunakan umumnya berupa amonia, amonium sulfat, urea, dsb. Selain itu juga ditambahkan vitamin B1, B6, B kompleks dan mineral seperti KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , MgSO_4 , ZnSO_4 , dll. Titik kritisnya terletak pada vitamin yang bisa berasal dari hewani atau mikrobial yang melibatkan bahan hewani. Inokulum dibuat secara bertingkat pada berbagai skala bioreaktor untuk memperpendek lag phase pada skala bioreaktor berikutnya.

Media kultur sel hewan biasanya mengandung komponen yang sangat kompleks, mengandung sekitar 50 komponen tunggal dan sering disuplementasi dengan serum darah hewan. Serum merupakan komponen kompleks dan mahal harganya. Bila produk kultur sel hewan itu suatu protein, maka pemurnian produknya menjadi sangat kompleks. Oleh sebab itu pada skala besar komposisi medium sangat penting dipertimbangkan agar semurah mungkin. Maka dibuatlah usaha-usaha untuk menggantikan komponen serum dengan bahan-bahan lain yang lebih murah, tentunya melalui berbagai tahap penelitian. Usaha-usaha tersebut sekarang telah membuahkan hasil, beberapa jenis kultur sel hewan sekarang dapat ditumbuhkan dalam medium yang tanpa mengandung serum, misalnya kultur sel hibridoma dan sel CHO (Chinese Hamster Ovary). Konsentrasi protein pada antibodi yang dihasilkan sel hibridoma berkisar 100-200 mg/liter sehingga proses pemurniannya dari medium tanpa serum menjadi lebih mudah.

c. Isolasi Permurnian Produk

Proses pemanenan produk dari sel mikroba dilakukan dengan bahan pembantu surfaktan seperti Tween 80 dan Span 60. Surfaktan dapat berasal dari lemak hewani atau nabati. Titik kritis terdapat pada sumber surfaktan yang digunakan. Pada tahap isolasi, produk yang diinginkan dipisahkan dari zat-zat lain yang tidak diinginkan. Di dalam proses ini kemungkinan produk diendapkan oleh pelarut organik seperti etanol. Titik kritisnya adalah pada sumber etanol yang digunakan apakah berasal dari khamr atau dari industrial etanol. Untuk proses dekolorisasi, digunakan arang aktif. Arang aktif dapat berasal dari kayu, tempurung kelapa, cangkang sawit, bambu, batu bara atau tulang hewan. Titik kritisnya terletak pada sumber arang aktif yang digunakan.

2.2.2. Permasalahan Pada Industri Berbasis Rekayasa Genetika

a. Penggunaan Gen dari Babi atau Manusia

Rekayasa genetika merupakan teknik untuk menghasilkan molekul DNA yang berisi gen baru atau kombinasi gen baru yang diinginkan. Saat ini memanipulasi DNA dalam berbagai cara dan memindahkannya dari satu makhluk hidup ke makhluk hidup lain dapat diprogramkan melalui teknik rekombinasi DNA untuk memproduksi berbagai zat seperti enzim, antibodi monoklonal, nutrisi, hormon dan berbagai produk farmasi termasuk obat dan vaksin dalam jumlah besar. Permasalahan yang perlu diperhatikan adalah bahwa penggunaan gen dari babi dan/atau manusia dilarang dalam proses produksi halal. Selain itu, produk yang dihasilkan dalam rekayasa genetika tidak boleh menghasilkan produk yang membahayakan (Mahrus, 2014).

b. Pengembangan Vaksin

Vaksin merupakan suatu senyawa yang berfungsi untuk mengaktifkan kekebalan tubuh dari suatu penyakit. Isi dari vaksin beragam macamnya, bisa bakteri, virus ataupun racun yang dilemahkan. Pengembangan vaksin bisa dilakukan menggunakan

rekayasa genetika yaitu dengan merekayasa mRNA agar menyerupai virus/bakteri tertentu menggunakan protein rekombinan. Salah satu vaksin yang dalam pengembangannya menggunakan rekayasa genetika adalah vaksin influenza. Salah satu preparat vaksin influenza yang dikembangkan oleh beberapa peneliti adalah vaksin protein subunit hemagglutinin yang diproduksi di dalam sistem prokariota. Penggunaan sistem prokariota selain mudah, juga efisien, memungkinkan produksi vaksin skala besar dalam jangka waktu pendek.

2.3. Tema Riset Pengembangan Autentikasi Produk Halal

Saat ini, produk makanan, minuman, obat dan kosmetika, yang beredar di pasaran semakin bervariasi, baik dari sisi jenis, bentuk, rasa maupun penyajiannya. Semakin banyaknya jenis produk ini, semakin memanjakan konsumen untuk membeli dan memilih. Namun, kemajuan teknologi industri, semakin banyak memperkenalkan kerumitan bahan baku dan produk olahannya di pasaran. Sehingga terdapat kesulitan untuk mengidentifikasi atau melacak asal bahan suatu produk. Oleh karenanya, perlu dikembangkan teknologi autentikasi untuk memudahkan pengambilan keputusan halal suatu produk.

Teknologi autentikasi halal merupakan teknologi yang dikembangkan untuk menganalisis kandungan sesuatu produk guna memperjelas status kehalalannya. Teknologi ini memainkan peranan penting dalam memastikan suatu produk bebas dari unsur-unsur haram dan najis (Salahudin & Ramli, 2018). Pengembangan metode autentikasi ini berguna untuk:

1. **Membantu dan memudahkan ulama dalam menetapkan hukum dengan lebih tepat dan cepat. Pengambilan putusan halal suatu produk tidak cukup hanya berdasarkan naskah-naskah fiqh semata. Penggunaan instrument dan metode autentikasi akan memberikan dasar yang sah bagi pengambilan keputusan tersebut.**
2. **Melindungi konsumen dari penipuan, pemalsuan dan keamanan makanan. Sebagian pengusaha berusaha memalsukan bahan dengan bahan lain yang berkualitas lebih rendah dan harga murah untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar.**
3. **Memastikan keamanan suatu produk, misal melindungi dari kemungkinan terjadinya alergi dan toksisitas.**
4. **Memastikan kontinuitas kualitas produk.**
5. **Menjawab permasalahan-permasalahan kontekstual yang terjadi.**
6. **Membantu proses sertifikasi halal produk.**

Lebih lanjut, terdapat tantangan di dalam pengembangan teknologi autentikasi yaitu antara lain:

1. **Biaya analisis yang tinggi, karena beberapa metode yang dikembangkan menggunakan instrumen-instrumen yang mahal dari sisi investasi peralatan dan juga biaya operasionalnya. Sebagai contoh: FTIR, DSC, GC, GS-MS adalah jenis-jenis analisis yang berbiaya mahal.**
2. **Waktu analisis relatif lama karena biasanya sampel memerlukan preparasi sebelum dianalisis.**
3. **Memerlukan analisis yang terampil. Penggunaan instrumen yang sophisticated tersebut tentunya memerlukan analisis yang terampil dan terlatih untuk menghasilkan data yang konsisten.**
4. **Perlunya prosedur analisis standar yang bisa diacu oleh semua laboratorium halal. Standar halal adalah mutlak, tidak ada toleransi (zero tolerance), sehingga sangat diperlukan prosedur analisis yang akurat dan teliti akan memberikan informasi yang tepat. Teknologi autentikasi yang dikembangkan perlu diatur dan diselaraskan oleh otoritas yaitu Badan Standarisasi Nasional (BSN). Hingga saat ini, Badan Standarisasi Nasional belum mengeluarkan standar analisis halal.**

Kandungan babi walaupun dalam jumlah yang sedikit dalam sebuah produk akan menjadi haram hukumnya untuk dikonsumsi. Oleh karenanya diperlukan metode deteksi yang sensitif untuk mendeteksi keberadaan zat haram tersebut. Adanya komponen yang mengandung babi dapat diidentifikasi melalui lemak, protein maupun DNANYA. Berbagai metode yang dapat digunakan dan dikembangkan untuk analisis kandungan babi dalam produk antara lain:

1. Polimerase Chain Reaction (PCR)

Dasar analisis menggunakan metode ini adalah DNA. Metode PCR mampu menggandakan DNA secara eksponensial. DNA bisa diisolasi dari sampel yang masih segar ataupun produk yang sudah mengalami pengolahan. Metode ini mempunyai kelebihan sensitivitas dan spesifitas serta akurasi yang tinggi (Rahmania et al., 2021).

2. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

FTIR sering disebut sebagai fingerprint spectra. Sampel yang bisa dianalisis dengan FTIR antara lain gelatin/protein dan lemak. Metode FTIR ini mempunyai kelebihan cepat, murah dan relatif sederhana pengerjaannya. Kekurangan metode FTIR ini adalah tidak mampu mengidentifikasi secara spesifik kandungan protein/lemak babi. Metode ini sering dikombinasikan dengan kemometrika (Rohman et al., 2017).

3. Liquid Chromatography-Mass Spectrometri (LC-MS)

LC-MS sesuai untuk analisis sampel yang mengandung komponen gelatin/protein. Metode ini mempunyai selektivitas tinggi karena didahului pemisahan dan kemudian identifikasi menggunakan spektra massa (Von Bargen et al., 2014).

4. Gas Chromatography (GC)

Metode ini sesuai untuk analisis senyawa yang bersifat volatile antara lain lemak dan minyak. Metode ini mempunyai selektivitas dan spesifitas tinggi. Berbagai jenis detektor dikombinasikan dengan kromatografi gas antara lain detektor ionisasi nyala (flame ionization detector, GC-FID), detektor spektrometri massa (GC-MS) (Prabawati & Fajriati, 2018).

5. Differential Scanning Calorimetri (DSC)

Metode ini sesuai untuk analisis komponen-komponen yang mudah menguap seperti lemak dan minyak. Metode ini sederhana dan tidak memerlukan preparasi sampel yang rumit (Azir et al., 2017).

6. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Metode ini berdasarkan ikatan antara protein spesifik dan antibodinya, sehingga sangat spesifik (Cahyaningsari et al., 2019).

7. Electronic Nose (E-nose)

Alat ini didasarkan atas sistem pembau buatan yang digunakan untuk analisis bau dari senyawa-senyawa tunggal ataupun campuran. E-nose ini dapat diaplikasikan dan dikembangkan untuk berbagai sampel seperti makanan, minuman dan produk lain yang memiliki bau khas. Alat ini juga bisa dikembangkan dan digunakan untuk monitoring proses produksi (Kadafi & Putra, 2021).

III Metodologi Riset Sains Halal

3.1. Riset Substitusi Bahan Non-Halal

3.1.1. Gelatin

Gelatin merupakan biopolimer, campuran heterogen dari polipeptida yang diperoleh melalui hidrolisis kolagen dari jaringan ikat hewan (GMIA, 2012). Gelatin memiliki kekhasan dibandingkan dengan agen gelling yang lain yaitu memiliki viskositas dan kekuatan gel yang sangat baik untuk berbagai produk pangan maupun produk non pangan. Viskositas atau kekentalan gelatin sering dimanfaatkan di bidang pengolahan pangan emulsifier, stabilizer atau sebagai penjernih pada sirup. Industri farmasi menggunakan gelatin sebagai bahan pembuatan kapsul keras dan lunak pengikat tablet serta mikroenkapsulasi dalam sediaan farmasi.

Kualitas gelatin dipengaruhi oleh dua faktor seperti perlakuan saat pengolahan gelatin dan bahan baku gelatin. Oleh karenanya optimasi pengolahan gelatin dan pencarian sumber gelatin yang bisa memberikan hasil yang baik dan konsisten merupakan salah satu topik yang penting untuk dikembangkan melalui riset yang terintegrasi.

Gelatin umumnya berbahan dasar tulang hewan yang berasal dari sapi dan babi. Selain itu, kulit hewan merupakan sumber yang perlu dikembangkan. Kebanyakan gelatin diimpor dari negara-negara non-Muslim yang tidak memperhatikan kehalalan produk karena sebagian besar bersumber dari hewan babi sehingga dilakukan beberapa inovasi untuk mengembangkan gelatin yang bersumber dari bahan-bahan halal.

Tahapan produksi gelatin dapat dikelompokkan menjadi tiga tahapan proses, yaitu: tahap persiapan bahan baku, tahap konversi kolagen menjadi gelatin dan tahap pemurnian serta pengeringan gelatin (Sugihartono et al., 2019). Proses pembuatan dan jenis bahan baku yang berbeda pada pembuatan gelatin akan mempengaruhi mutu dan komposisi gelatin yang dihasilkan antara lain kekuatan gel, viskositas, komposisi asam amino, dan lain-lain. Mutu gelatin sendiri sangat bergantung pada kandungan protein kolagen sebagai sumber utama pembuatan gelatin.

Proses produksi gelatin umumnya menggunakan 2 jenis proses produksi, yakni proses asam dan proses basa. Kulit dimasukkan masing-masing ke dalam wadah yang berisi larutan curing asam atau basa sesuai konsentrasi yang telah ditentukan hingga seluruh permukaan kulit terendam dengan sempurna untuk selanjutnya disimpan selama 2 - 4 hari (sesuai perlakuan) pada refrigerator suhu $\pm 5-10^{\circ}\text{C}$. Selama proses perendaman bahan baku kulit sesekali dilakukan pengadukan. Setelah proses perendaman selesai, selanjutnya bahan baku kulit dicuci beberapa kali hingga bersih dan kondisinya mendekati suasana netral ($\text{pH} \pm 6-7,5$). Bahan baku kulit selanjutnya ditiriskan dan ditimbang sebagai bahan baku.

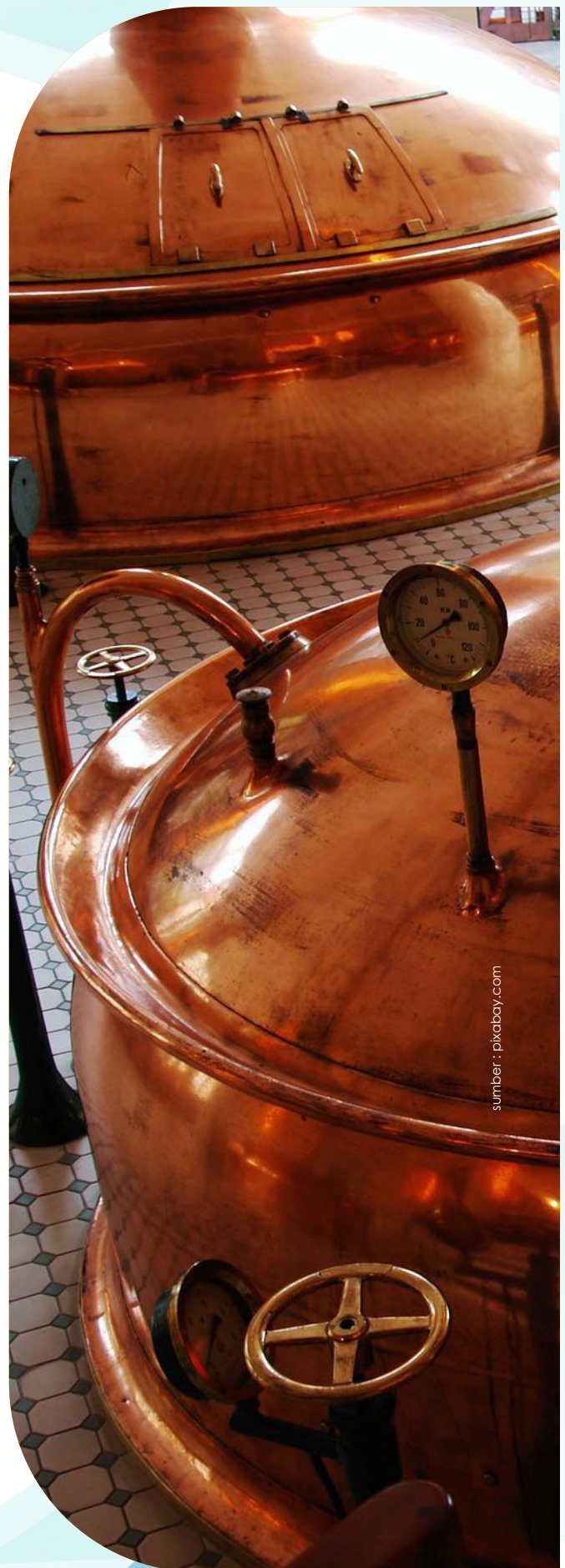
Bahan baku kulit yang telah diketahui beratnya kemudian dimasukkan wadah dan ditambah dengan aquades hingga keseluruhan bahan baku kulit terendam dengan sempurna. Wadah yang berisi bahan baku kulit dan aquades diberi penutup kemudian dimasukkan ke

dalam waterbath untuk menjalani proses ekstraksi (extraction). Proses ekstraksi kulit secara keseluruhan berlangsung selama 9 jam, yang terbagi atas 3 tahap, yakni tahap I (3 jam pertama) ekstraksi dilakukan pada suhu 55-60°C, tahap II (3 jam kedua) suhu 60-65°C dan tahap III (3 jam ketiga) suhu 65-70°C. Keseluruhan unit perlakuan akan menjalani proses ekstraksi pada kondisi yang sama. Pada setiap tahapan dilakukan 2 kali proses penyaringan (filtration) yakni penyaringan kasar dan halus untuk menghasilkan fraksi gelatin cair.

Tahap I, II dan III masing-masing akan menghasilkan fraksi I, II dan III. Ketiga fraksi (I, II dan III) gelatin cair yang dihasilkan, kemudian dicampur menjadi satu hingga homogen untuk dipisahkan di dalam oven suhu 70°C selama 2 jam. Fraksi campuran gelatin cair kemudian didinginkan dalam refrigerator suhu $\pm 5-10^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Fraksi campuran gelatin cair selanjutnya dituang pada loyang aluminium yang sebelumnya diberi lapisan plastik bening untuk selanjutnya dikeringkan di dalam oven suhu 55°C selama 18-20 jam hingga fraksi gelatin cair membentuk lapisan film dengan konsistensi rapuh yang selanjutnya disebut gelatin padat. Lapisan gelatin padat digiling dengan blender hingga membentuk serbuk dan selanjutnya ditimbang untuk menentukan nilai rendemen (kuantitas).

Pembuatan gelatin dengan curing asam dilakukan dengan cara bahan baku kulit direndam dengan berbagai jenis larutan asam semisal asam asetat atau asam klorida. Selain dengan menggunakan asam, bisa juga dilakukan dengan merendamnya dalam larutan basa menggunakan NaOH atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Perlakuan bahan baku gelatin dengan asam atau basa menyebabkan terlarutnya molekul kolagen karena terputusnya sejumlah ikatan kovalen intra dan inter molekul dari kolagen (Rawdkuen et al., 2010).

Metode pengembangan bahan halal untuk gelatin antara lain bisa dilakukan pada aspek:

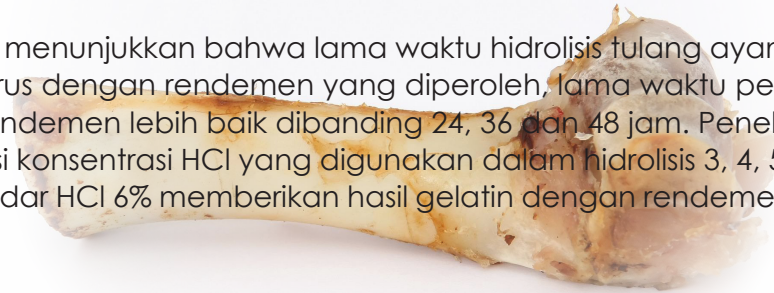


sumber : pixabay.com

1. Optimasi hidrolisis

Gelatin bisa dihasilkan dari tulang berbagai macam hewan. Sumber tulang yang melimpah di Indonesia adalah tulang sapi, tulang ayam dan unggas lainnya, serta tulang ikan. Pembuatan gelatin dilakukan melalui serangkaian proses hidrolisis menggunakan asam. Variasi konsentrasi asam serta lama waktu hidrolisis bisa menjadi variabel dalam optimasi hidrolisis ini

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa lama waktu hidrolisis tulang ayam dengan asam tidak berbanding lurus dengan rendemen yang diperoleh, lama waktu perendaman 12 jam menghasilkan rendemen lebih baik dibanding 24, 36 dan 48 jam. Penelitian ini dilanjutkan dengan optimasi konsentrasi HCl yang digunakan dalam hidrolisis 3, 4, 5, 6 dan 7%, dan diperoleh bahwa kadar HCl 6% memberikan hasil gelatin dengan rendemen terbaik (Fasya et al., 2018).



2. Optimasi sumber gelatin

Gelatin bisa diekstraksi dari berbagai sumber antara lain kulit dari beberapa jenis hewan, tulang hewan-hewan darat seperti sapi, ayam, kambing juga dapat diekstraksi dari tulang ikan dan serangga (Mariod & Adam, 2013). Penelitian ekstraksi gelatin dari sumber tulang ayam menggunakan hidrolisis HCl yang dilakukan menghasilkan gelatin yang belum memenuhi standar SNI (Fasya et al., 2018).

Penelitian ekstraksi gelatin juga telah dilakukan pada kulit kambing. Kulit merupakan bagian dalam tubuh hewan yang kaya akan protein khususnya kolagen yang sangat potensial untuk diolah menjadi gelatin. Pengembangan gelatin dari kulit kambing yang telah dilakukan (Said et al., 2012) menggunakan hidrolisis basa ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan hidrolisis asam (HCl) menunjukkan hasil bahwa hidrolisis menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menghasilkan gelatin yang memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan HCl dan tidak berbeda jauh dengan gelatin komersial. Proses curing yang dilakukan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama 2 hari memberikan hasil lebih baik dibandingkan 4 hari. Proses penyiapan bahan baku kulit kambing bisa dilakukan sesuai prosedur (gambar 1) dan kemudian dilanjutkan proses untuk mendapatkan gelatin (gambar 2).

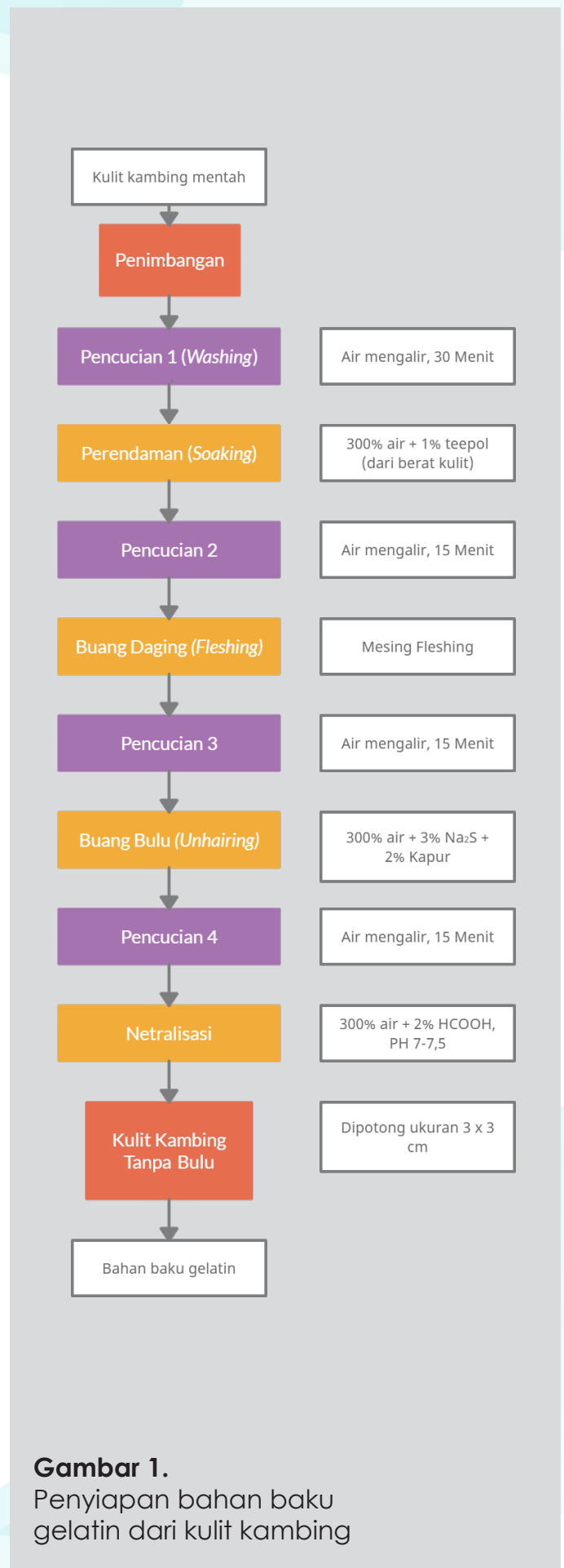
Ekstraksi gelatin dari kulit domba juga telah diteliti menggunakan NaOH dengan berbagai konsentrasi (Y. D. Rahmawati & Hasdar, 2017). Kulit domba yang sudah dibersihkan dan dipotong-potong kecil kemudian direndam dengan larutan NaOH dalam berbagai konsentrasi (0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5%) selama 3 jam. Hasil hidrolisis ini kemudian diekstraksi menggunakan metode hot treatment pada suhu 50-55°C. Faktor konsentrasi NaOH yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas gelatin yang dihasilkan. Gelatin yang dihasilkan dari kulit domba yang dihidrolisis menggunakan NaOH 0,3% memiliki kualitas yang paling baik dilihat dari viskositas dan kekuatannya (strength). Viskositas gelatin yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan NaOH 0,3% ini memiliki viskositas yang sesuai dengan standar yang ditetapkan (GMIA, 2012). Nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh distribusi molekul serta berat molekul peptida gelatin. Semakin besar berat molekul gelatin akan memberikan nilai viskositas yang lebih tinggi (Nishimoto et al., 2009).

Konsentrasi NaOH yang digunakan juga berpengaruh terhadap kekuatan gel yang dihasilkan. Dari variasi konsentrasi yang digunakan (0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5%), konsentrasi 0,3% menghasilkan gelatin dengan kekuatan yang paling baik, namun demikian kekuatan gel gelatin yang dihasilkan belum memenuhi standar yang ditetapkan (GMIA, 2012). Kekuatan gelatin yang dihasilkan dipengaruhi oleh ukuran molekul dan berat molekul gelatin yang dihasilkan. Semakin panjang rantai peptida, semakin besar berat molekul gelatin dan akan semakin tinggi pula nilai kekuatan gelnya sesuai dengan standar yang ditetapkan.

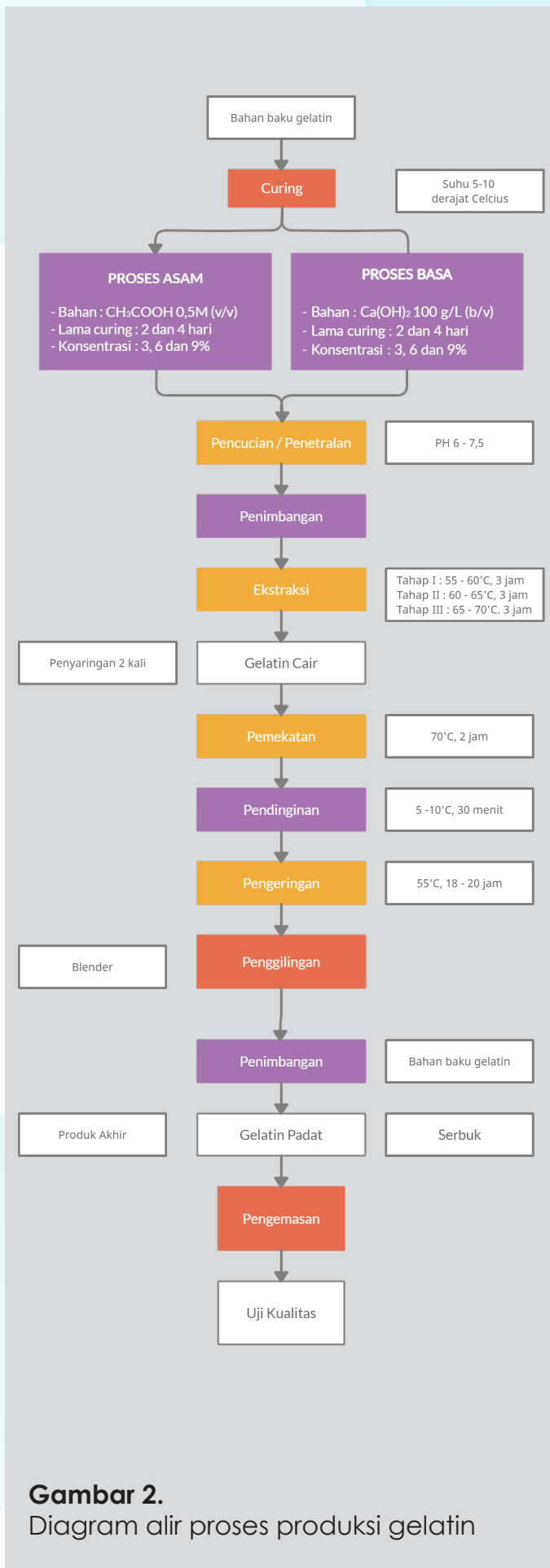
Sumber alternatif gelatin lain juga bisa diperoleh dari kulit ikan. Indonesia sebagai negara maritim dengan luas perairan lebih besar daripada daratan memiliki kekayaan laut berupa ikan yang sangat besar. Kulit ikan yang tidak digunakan merupakan alternatif bahan sumber gelatin yang melimpah. Penelitian pengembangan ekstraksi dan karakteristik gelatin dari kulit ikan tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dari provinsi kepulauan bangka belitung telah dilakukan (Gunawan et al., 2017). Penelitian isolasi gelatin dari ikan baronang juga sudah dilakukan (D. Haryati et al., 2019).

Pada penelitian menggunakan kulit ikan tenggiri ini diawali dengan perendaman menggunakan larutan NaOH 1:20 (b/v) yang dilengkapi dengan shaker. Variasi konsentrasi 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M; dan variasi waktu perendaman selama 6, 9 dan 12 jam. Hasil pra perlakuan dilanjutkan dengan hidrolisis dalam larutan CH₃COOH dengan variasi konsentrasi 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M dengan rasio kulit dengan larutan asam asetat adalah 1:20 (b/v) dengan lama perendaman 1, 2 dan 3 jam. Kulit hasil hidrolisis dicuci dengan aquades sampai pH mendekati netral dan diekstraksi dengan suhu 70±2°C selama 2 jam dan dilakukan pengeringan dengan evaporator. Gelatin terbaik adalah gelatin yang dihasilkan dari perendaman menggunakan NaOH 0.1M selama 12 jam dan dilanjutkan dengan hidrolisis menggunakan asam asetat 0,1M selama 3 jam (D. Haryati et al., 2019).

Penelitian gelatin dari sumber usus ayam juga sudah dilakukan (Gumilar & Pratama, 2018). Usus ayam, walaupun masih dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat Indonesia sebagai bahan makanan, namun hasil ikutan ternak ini juga banyak yang tidak dimanfaatkan dengan baik sehingga usus merupakan hasil ikutan yang mempunyai potensi untuk ditingkatkan nilai gunanya sebagai sumber bahan baku gelatin. Usus memiliki kandungan protein yang tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gelatin. Pada penelitian menggunakan usus ayam ini telah dilakukan variasi asam klorida (HCl) yang digunakan



Gambar 1. Penyiapan bahan baku gelatin dari kulit kambing



Gambar 2.
Diagram alir proses produksi gelatin

untuk hidrolisis yaitu 3%, 5% dan 7% dengan variasi lama perendaman 24, 48 dan 72 jam. Karakteristik gelatin terbaik adalah gelatin yang dihasilkan dari perendaman usus menggunakan HCl 3% dan lama perendaman 24 jam.

3. Pengembangan hidrolisis enzimatis

Pembuatan gelatin secara konvensional dilakukan melalui hidrolisis menggunakan asam atau basa anorganik. Asam anorganik yang sering digunakan adalah asam klorida (HCl), asam asetat (CH₃COOH), sedangkan basa yang sering digunakan antara lain adalah basa NaOH, Ca(OH)₂. Alternatif hidrolisis enzimatis merupakan hal yang perlu dikembangkan, karena hidrolisis menggunakan enzim ini lebih ramah terhadap lingkungan. Hidrolisis enzimatis juga mempunyai keunggulan spesifisitas target sesuai enzim yang digunakan sehingga kemudian dapat dikontrol hidrolisisnya. Enzim bekerja secara spesifik pada kondisi yang lebih lunak (Schmidt et al., 2016). Hidrolisis enzimatis ini dapat meningkatkan kemampuan emulsifikasi dari protein dengan meningkatkan kelarutan, memunculkan kelompok asam amino hidrofobik, meningkatkan hidrofobisitas permukaan dan mengurangi berat molekul, sehingga meningkatkan sifat fungsional gelatin.

Enzim yang digunakan pada hidrolisis enzimatis pada ekstraksi gelatin adalah enzim protease. Penggunaan enzim bromolein telah diteliti pada ekstraksi gelatin dari kulit ikan baronang (D. Haryati et al., 2019). Pada penelitian ini, telah dilakukan optimasi ekstraksi gelatin menggunakan bromelain pada konsentrasi 1%, 1,5% dan 2% dengan lama ekstraksi 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Karakteristik gelatin yang terbaik diperoleh pada perlakuan hidrolisis menggunakan bromolein pada konsentrasi 1% dan lama perendaman 4 jam.

Penggunaan pepsin untuk ekstraksi gelatin dari kulit sapi telah dikaji (Ahmad et al., 2021). Enzim yang digunakan memiliki kadar yang sangat rendah yaitu 5, 15 dan 25 unit/g sampel yang digunakan. Proses hidrolisis enzimatik ini menghasilkan gelatin dengan sifat fungsional yang sangat baik sesuai dengan standar industri.

Proses hidrolisis menggunakan actinidin dan papain dari kulit sapi telah dikaji dan menghasilkan gelatin dengan rendemen yang tinggi. Rendemen paling tinggi diperoleh dengan perlakuan enzim actinidin dengan kadar 20 unit/g. Demikian juga untuk penggunaan enzim papain, rendemen tertinggi juga diperoleh pada penggunaan enzim papain sebesar 20 unit/g. Gelatin yang diperoleh dari hidrolisis menggunakan enzim actinidin memiliki kekuatan gel yang baik sebesar 366,39 g bloom, sementara gelatin yang diperoleh dengan hidrolisis enzimatis menggunakan enzim papain memiliki kekuatan yang lebih rendah sekitar 119 g bloom (Ahmad et al., 2019).

Kajian pengaruh suhu terhadap rendemen gelatin yang dihasilkan dengan hidrolisis papain menunjukkan bahwa, hidrolisis yang dilakukan pada suhu 70°C dengan pH 6-7 menunjukkan rendemen tertinggi, Sedangkan enzim neutrase memiliki suhu optimum ekstraksi pada 40-50°C dengan pH 6-7 (Damrongsakul, et al., 2008).

4. Metode Penentuan Kualitas Gelatin

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan gelatin adalah bahwa gelatin yang dihasilkan harus memiliki sifat-sifat dan parameter yang sesuai dengan kriteria standar yang diterima industri. Standar mutu gelatin yang masih berlaku saat ini adalah SNI 01-3735-1995 tentang mutu dan cara uji gelatin (Tabel 1).

Tabel 1. Mutu gelatin menurut SNI 01-3735-1995

Kriteria	Satuan	Parameter keberterimaan
Warna	-	Tidak berwarna sampai kekuning-kuningan pucat
Bau dan rasa larutan	-	normal
Susut pengeringan	%	Maksimum 16
Kadar abu	%	Maksimum 3,25
Logam berat	mg/kg	Maksimum 50
Arsen	mg/kg	Maksimum 2
Tembaga	mg/kg	Maksimum 30
Seng	mg/kg	Maksimum 100
Sulfit (SO ₂)	mg/kg	Maksimum 1000

Cara uji mutu gelatin sebagai berikut:

1. Rasa dan Bau Larutan

Gelatin sebanyak 5 g dilarutkan dalam air suling steril pada suhu 32°C sehingga volumenya 100 ml. Larutan memperlihatkan rasa normal dan tidak menimbulkan bau yang tidak enak setelah dibiarkan 48 jam dalam cawan petri.

2. Susut Pengerinan (Kadar Air)

Kadar air diukur dengan meletakkan 1 g gelatin ke dalam cawan porselen dan dipanaskan dengan oven selama 30 menit pada suhu 105°C. Kemudian sampel didinginkan selama 10 menit dalam desikator dan ditimbang. Pemanasan dan penimbangan dilakukan hingga diperoleh berat yang konstan sehingga kadar air dalam gelatin dapat dihitung. Kadar air dapat mempengaruhi penampakan tekstur, cita rasa serta bahan pangan, kadar air gelatin akan berpengaruh terhadap daya simpan karena erat kaitannya dengan aktivitas metabolisme yang terjadi selama gelatin tersebut disimpan seperti aktivitas enzim, aktivitas mikroba dan aktivitas kimiawi yaitu terjadinya ketengikan.

3. Kadar Abu

Gelatin ditimbang sebanyak 2 gr, diletakkan dalam cawan porselen dan dimasukkan dalam tanur pada suhu 450°C sehingga menjadi abu sempurna. Sampel didinginkan dalam desikator selama 10 menit, kemudian ditimbang hingga diperoleh berat konstan.

4. Kadar Logam Berat

Penentuan kadar logam berat dalam gelatin bisa dilakukan setelah destruksi gelatin, kemudian dilanjutkan dengan analisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui kadar logam berat yang terkandung di dalam gelatin.

Gelatin yang digunakan dalam produk pangan memiliki kriteria khusus yang harus dipenuhi, yang disajikan pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Kriteria gelatin untuk pangan (GMIA, 2012)

Sifat	Standar
pH	3,8-5,5
Titik isoelektrik	7-9
Kekuatan gel (Bloom)	50-300
Viskositas (mps)	15-75
Kadar abu	0.3-2

5. Uji Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan pada larutan gelatin dengan konsentrasi 6,67% pada suhu 55-60 C. Kemudian pH meter dicelupkan selama beberapa saat sampai diperoleh angka konstan.

6. Titik Isoelektrik

Gelatin dalam larutan bersifat amfoter, mampu bertindak baik sebagai asam maupun sebagai basa. Dalam larutan asam, gelatin bermuatan positif dan bermigrasi sebagai kation dalam medan listrik. Dalam larutan alkali gelatin bermuatan negatif dan bermigrasi sebagai anion. pH intermediate dimana muatan bersihnya nol dan tidak ada gerakan yang terjadi, dikenal sebagai titik isoelektrik.

Pengujian titik isoelektrik dilakukan dengan mengambil gelatin sebanyak 0,2 g dan ditambah dengan 40 ml aquades sebagai pelarut dengan kisaran pH 4,5-10,5 (interval 0,5). Pengaturan pH dilakukan dengan menambah NaOH 0,5 N untuk menaikkan pH dan HCl 0,5 N untuk menurunkan pH. Setelah kondisi tercapai dilanjutkan dengan pengadukan selama 30 menit untuk menyempurnakan reaksi. Larutan yang dihasilkan dipisahkan dengan bagian yang tidak larut dengan cara disentrifuse, kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring whatman 41. Filtrat dianalisis kadar nitrogennya dengan metode mikro kjeldahl. Kadar nitrogen terlarut yang paling rendah ditentukan sebagai daerah isoelektrik (pI). Hal ini disebabkan, kelarutan gelatin paling rendah pada titik isoelektriknya. Titik isoelektrik sangat penting karena pada titik ini beberapa bahan pangan bersifat maksimum dan minimum, sebagai contoh kelarutan protein selalu minimum pada titik isoelektriknya.

7. Penentuan Kekuatan Gelatin

Sifat utama gelatin yang digunakan pada industri adalah efek pembentukan gel (gelling agent). Kekuatan gel adalah parameter utama dan berpengaruh terhadap harga gelatin yang dipasarkan. Kekuatan gel ditentukan dengan suatu alat yang disebut uji bloom. Penentuan kekuatan gel (gel strength) dilakukan dengan melarutkan gelatin 6,67% (b/v) dalam air suling, larutkan pada suhu 60-65 C secara perlahan. Larutan disiapkan dalam gelas dan kemudian didinginkan sampai suhu 10 C selama 17±1 jam. Setelah pendinginan, kekuatan gel diukur dengan texture analyzer (GMIA, 2012). Kekuatan gelatin dinyatakan dengan satuan bloom.

Nilai bloom gelatin berkisar antara 50-300 bloom. Nilai tersebut dibagi ke dalam 3 klasifikasi yaitu bloom rendah untuk nilai 50-100 bloom; bloom sedang untuk nilai 100-200 bloom; dan bloom tinggi untuk nilai 200-300 bloom.

8. Penentuan Viskositas

Penentuan viskositas gelatin dilakukan dengan cara yang sama pada penentuan kekuatan gelatin. Gelatin dilarutkan dalam air suling dengan konsentrasi 6,67%, pada suhu 80°C. Viskositas ditentukan menggunakan alat ukur viskosimeter. Viskositas adalah sifat penting dari gelatin untuk digunakan pada produksi makanan, sediaan farmasi dan industri fotografi.

9. Analisis Berat Molekul Gelatin

Sifat-sifat fungsional gelatin sangat ditentukan oleh berat molekul protein (peptida) penyusunnya. Analisis berat molekul protein bisa dilakukan menggunakan elektroforesis SDS PAGE (Sodium Dodesil Sulfat Polyacrilamide Gel Electrophoresis) (Hermanto, 2014). Gel poli acrilamide dibuat dengan konsentrasi stacking gel 4% dan separating gel 8%. Gelatin dipisahkan dalam elektroforesis. Untuk penentuan berat molekulnya digunakan marker protein ladder (10-260 kDa).

10. Penentuan Kadar Protein

Kadar protein dalam gelatin dapat ditentukan dengan metode biuret. 1 ml larutan gelatin 1% dimasukkan ke tabung reaksi lalu ditambahkan 4 ml aquades. Selanjutnya tambahkan 6 ml reagen biuret dan dihomogenkan menggunakan vortex. Campuran diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 540 nm. BSA digunakan sebagai standar protein dengan rentang konsentrasi 0,05-0,5 mg/ml. Kadar protein ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ kadar protein} = \frac{\text{Konsentrasi protein sampel}}{\text{konsentrasi standar}} \times 100\%$$

11. Uji Kandungan Mikroba

Gelatin sering digunakan pada industri makanan sebagai bahan tambahan dan eksipien pada industri farmasi sehingga diperlukan persyaratan mikrobial yang ketat. Gelatin harus melalui uji kandungan mikroba total dan uji beberapa mikroba patogen. Beberapa mikroba tumbuh sangat cepat pada larutan gelatin. *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp adalah jenis mikroba yang patogen (menimbulkan penyakit), menghasilkan toksin, berpengaruh terhadap penampilan sediaan dan menyebabkan aroma yang negatif pada bahan makanan. Persyaratan mikrobial gelatin menurut beberapa literatur dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Persyaratan kandungan mikroba gelatin (Sebastian, 2014)

Parameter mikrobiologi	Decision (EC) No 2073/2005	Eur. Pharm 5.0 (2005)	US FCC 6 th Ed 2004 (USA)	USP 25/ NF 24 (2006)
<i>Total Aerobic Bacteria</i>	-	10 ³ /g	-	10 ³ /g
<i>Coliform (30°C)</i>	-	-	-	-
<i>Coliform (44,5°C)/E. Coli, Clostridium perfringens</i>	-	0/g	0/25g	0/10g
<i>Salmonella</i>	0/25 g	0/10g	0/25g	0/10g

12. Komposisi asam amino

Komposisi kimia gelatin merupakan faktor yang penting untuk dikendalikan. Sifat fungsional gelatin sangat dipengaruhi oleh komponen kimia penyusunnya. Analisis komponen asam amino dalam gelatin dapat dilakukan dengan menggunakan UPLC (Ultra Performance Liquid Chromatography). Sampel gelatin sebanyak 0,1 g dihidrolisis dengan HCl 6N selama 23 jam pada suhu 110°C kemudian difiltrasi. Sebanyak 10 uL larutan yang terdiri dari filtrat sampel dan AABA (Alpha Amino Butyric Acid) dan aquabides ditambahkan 70 uL AccQ-flour borat dan 20 uL reagen fluor A (6-aminoquinolyl-Nhydroxysuccinimidyl carbamate) dihomogenisasi dengan vortex dan didiamkan 1 menit. Kemudian inkubasi dilakukan pada suhu 55°C selama 10 menit dan sampel siap disuntikkan ke UPLC (Hermanto, 2014).

3.2. Riset Autentikasi Halal

Perkembangan industri halal di Indonesia akan sangat dipengaruhi oleh sistem sertifikasi halal. Proses sertifikasi halal melibatkan proses audit yang diantaranya adalah mengaudit kehalalan bahan baku yang digunakan, proses produksi yang menjamin tidak adanya kontaminasi dengan bahan najis dan non halal. Sertifikasi halal juga menuntut diimplementasikannya sistem jaminan halal untuk menjamin kontinuitas produksi produk yang disertifikasi halal setelah proses audit selesai dan selama masa berlakunya sertifikat halal.

Pada proses sertifikasi halal, jaminan terhadap kehalalan bahan baku dan produk biasanya dilakukan dengan pemeriksaan dokumen pendukung bahan baku. Dokumen pendukung bahan baku yang dapat digunakan sebagai pendukung antara lain: sertifikat halal dan dokumen pendukung lain yang memuat informasi semua bahan kritis yang digunakan sehingga status kehalalannya dapat ditentukan. Dokumen pendukung berupa diagram alir proses produksi bahan baku yang menggunakan enzim, maka harus dilengkapi dengan dokumen pendukung enzim dan surat pernyataan konsistensi penggunaan enzim tersebut.

Produk-produk yang kritis terhadap kontaminasi bahan-bahan non halal, maka perlu dilengkapi dengan analisis laboratorium. Dalam hal ini, LPPOM MUI telah menetapkan daftar produk yang perlu dilakukan analisis



HALAL
INDONESIA

laboratorium untuk memperjelas proses sertifikasi halal dan meningkatkan efektivitas pelaksanaan sertifikasi halal. Daftar produk yang perlu dilakukan analisis laboratorium disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Produk yang wajib dilakukan analisis laboratorium pada saat proses sertifikasi oleh LPPOM (LPPOM MUI, 2018)

No	Produk	Target uji	Sampel yang diambil
1	Daging olahan atau produk yang menggunakan bahan daging. Tidak termasuk produk <i>seasoning</i> , lemak dan asam lemak	Protein babi	Produk akhir
2	Produk <i>seasoning</i> yang menggunakan bahan hewani seperti daging	DNA babi	Produk akhir
3	Barang gunaan yang menggunakan bahan hewani, seperti kulit, tulang, bulu dll	DNA babi	Bahan baku atau produk akhir
4	Menu restoran/ <i>catering</i> /dapur yang menggunakan bahan daging segar atau daging olahan. Tidak termasuk produk <i>seasoning</i> , lemak dan asam lemak	Protein babi	Bahan baku
5	Menu restoran/ <i>catering</i> /dapur yang menggunakan bahan <i>seasoning</i> yang diproduksi dari bahan hewani seperti daging yang tidak bersertifikat halal MUI	DNA babi	Bahan baku
6	Produk turunan hewan atau yang mengandung turunan hewan (ekstrak hewan, gelatin, tulang, dll)	DNA babi	Produk akhir
7	Produk yang menggunakan gelatin, contoh: kapsul, coklat, permen, <i>cake</i> , vitamin, obat, resin, kosmetik dll	DNA babi	Bahan baku (gelatin)
8	Produk enzim dari sumber hewani	DNA babi	Produk akhir
9	Produk yang menggunakan enzim dari sumber hewani	DNA babi	Bahan baku
10	Minuman yang dicurigai mengandung <i>etanol</i> yang secara perhitungan diduga kadar etanol akhir $\geq 0,5\%$	Residu etanol	Produk akhir
11	Produk kosmetik yang tergolong <i>waterproof/water resistant</i> dan produk tinta pemilu	Daya tembus air	Produk akhir
12	Air daur ulang	Standar mutu air bersih	Produk akhir

Analisis pengujian yang dilakukan dalam proses sertifikasi ini harus dilakukan pada laboratorium uji yang sudah tervalidasi dan/atau mengimplementasikan SNI ISO/IEC 17025: 2017.

Cemaran terhadap bahan-bahan non halal di produk dalam sertifikasi halal adalah mutlak tidak diperbolehkan (zero tolerance). Kontaminasi bahan-bahan non halal seperti daging babi dan derivatnya tidak dapat ditoleransi walaupun jumlahnya sedikit sehingga dalam autentikasi halal ini perlu dikembangkan metode yang sensitif, akurat (accurate), dan teliti (precise) serta memberikan hasil yang ajeg (reproducible). Oleh karenanya validasi metode pada pengembangan metode deteksi halal ini adalah bagian yang sangat penting.

3.2.1. Validasi Metode Analisis

Validasi metode analisis adalah serangkaian kegiatan untuk memastikan bahwa metode yang dipilih dan digunakan telah sesuai dengan kriteria kesesuaian metode pengujian secara kimia di laboratorium. Metode yang dikembangkan untuk uji ini harus dilakukan validasi sebelum digunakan untuk menjamin bahwa metode yang digunakan sesuai dengan tujuannya dan selalu memberikan hasil yang dapat dipercaya.

Validasi metode analisis dilakukan untuk melakukan verifikasi bahwa parameter-parameter kerjanya mampu mengatasi problem analisis. Hal ini sangat penting dalam penjaminan mutu terhadap hasil analisis. Validasi metode dilakukan terhadap:

- a. **Metode baru yang dikembangkan.**
- b. **Metode baku yang direvisi untuk menyesuaikan perkembangan atau karena munculnya suatu masalah, sehingga metode tersebut perlu direvisi.**
- c. **Metode baku digunakan di laboratorium yang berbeda, dikerjakan oleh analis yang berbeda, atau dikerjakan dengan alat yang berbeda.**

SNI ISO/IEC 17025: 2017.

ISO / IEC 17025: 2017 merupakan standar ISO yang digunakan oleh Laboratorium yang merupakan persyaratan umum untuk kompetensi laboratorium pengujian dan kalibrasi. Di sebagian negara-negara besar, ISO/IEC 17025 adalah standar akreditasi untuk dianggap kompeten secara teknis. Dalam banyak kasus, pemasok dan pihak berwenang tidak akan menerima pengujian atau kalibrasi hasil dari laboratorium yang tidak terakreditasi. Pada mulanya ISO / IEC 17025 dikeluarkan oleh Lembaga Standarisasi Internasional pada tahun 1999.

Dibandingkan dengan seri ISO 9000 standar, ISO / IEC 17025 lebih spesifik dalam persyaratan kompetensi yang berlaku secara langsung kepada organisasi yang memiliki laboratorium pengujian dan kalibrasi.

Keuntungan dalam penerapan ISO / IEC 17025: 2017, antara lain :

- Menyatukan semua sistem manajemen mutu laboratorium;
- Memberikan dan mempromosikan pengakuan formal sebagai laboratorium pengujian yang kompeten;
- Meningkatkan citra dan reputasi laboratorium pengujian yang dapat dijadikan rujukan;
- Meningkatkan kualitas konsistensi data dari hasil pengujian;
- Pengakuan terhadap data hasil pengujian baik dari dalam maupun luar negeri;
- Menghindari penggandaan pengujian sehingga dapat mengurangi limbah laboratorium;
- Memudahkan kerjasama antar laboratorium dan atau antar instansi dalam tukar menukar informasi, pengalaman dan standar dan prosedurnya.

Parameter validasi yang perlu dilakukan menurut ICH (International Conference on Harmonization) adalah: presisi (precision), akurasi (accuracy), batas deteksi (limit of detection), batas kuantitasi (limit of quantitation), spesifisitas (specificity), linearitas (linearity), ketahanan (robustness) dan kesesuaian sistem (system suitability).

1. Presisi (Precision)

Presisi atau kadang disebut juga keseksamaan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kemampuan suatu metode analisis yang menunjukkan kedekatan suatu seri pengukuran yang diperoleh dari sampel yang homogen. Presisi adalah ukuran keterulangan (repeatability) dan ketertiruan (reproducibility) suatu metode analisis. Keterulangan (repeatability) adalah keseksamaan metode jika digunakan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi yang sama dalam interval waktu yang pendek. Ketertiruan (reproducibility) didapatkan dengan menggunakan laboratorium yang berbeda untuk validasi metode analisis. Analis diminta melakukan analisis di laboratorium yang berbeda, menggunakan peralatan pereaksi, pelarut yang berbeda. Ukuran presisi ditunjukkan dengan simpangan baku relatif (relative standard deviation/RSD) dari hasil pengukuran sejumlah sampel (Harmita, 2004). Pada autentikasi halal, maka standar penerimaan parameter presisi adalah mengikuti standar keberterimaan pada penetapan kadar impuritas seperti ditunjukkan pada tabel 5.

$$\% \text{ RSD} = \frac{SD}{Mean} \times 100\%$$

Tabel 5. Persyaratan RSD untuk penetapan kadar impuritas

Batas Impuritas	Persyaratan RSD
1-10%	Tidak lebih dari 2%
0,01%	Tidak lebih dari 10%
1 ppm	Tidak lebih dari 20%

Presisi biasanya dilakukan pada 3 tingkatan yang berbeda yaitu:

1. Keterulangan (repeatability) yaitu ketepatan pada kondisi percobaan yang sama baik orangnya, peralatannya, tempatnya maupun waktunya.
2. Presisi antara (intermediate precision) yaitu ketepatan (precision) pada kondisi percobaan yang berbeda, baik orangnya, peralatannya, tempatnya, maupun waktunya.
3. Ketertiruan (reproducibility) merujuk pada hasil-hasil dari laboratorium yang lain.

2. Akurasi (Accuracy)

Akurasi merupakan ketelitian metode analisis atau ketepatan antara nilai tertukur dengan nilai sebenarnya. Akurasi diukur sebagai banyaknya analit yang diperoleh kembali (recovery) pada suatu pengukuran dengan melakukan spiking pada suatu sampel. Untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi dapat dilakukan dengan mengurangi kemungkinan simpangan (error) dengan menggunakan peralatan yang telah dikalibrasi, menggunakan reagen yang memenuhi syarat, pengendalian kondisi operasi seperti suhu, kelembaban dan pelaksanaan yang cermat sesuai prosedur (Gustavo González & Ángeles Herrador, 2007).

Akurasi dapat ditentukan dengan 2 cara yaitu metode simulasi (spiked placebo recovery) atau metode penambahan baku (standard addition method). Dalam metode simulasi, sejumlah analit bahan murni ditambahkan ke dalam campuran placebo, kemudian campuran tersebut dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Pada metode penambahan baku, sampel dianalisis, kemudian sejumlah tertentu analit yang diperiksa ditambahkan ke dalam sampel untuk dianalisis lagi. Konsentrasi analit yang ditambahkan biasanya 80%- 120% dari kadar analit yang diperkirakan. Metode penambahan baku digunakan bila tidak memungkinkan membuat placebo karena matriksnya tidak diketahui komposisinya atau sangat kompleks, maka digunakan metode penambahan baku. Selisih antara hasil (kadar) yang diperoleh dengan kadar sebenarnya dibandingkan, dinyatakan sebagai % perolehan kembali (recovery) (Gustavo González & Ángeles Herrador, 2007).

Kriteria akurasi sangat tergantung pada konsentrasi analit dalam matriks sampel dan pada keseksamaan (precision) metode. Rentang recovery yang diijinkan berbeda untuk setiap konsentrasi analit, dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Rentang perolehan kembali (recovery) yang diterima pada konsentrasi analit yang berbeda

Konsentrasi analit pada sampel	% Recovery
> 10%	98 – 102
> 1%	98 – 102
> 0,1%	97 – 103
0,01%	95 – 105
0,001%	90 – 107
0,0001% (1 ppm)	80 - 110
0,00001% (100 ppb)	80 - 110
0,000001% (10 ppb)	60 - 115
0,0000001% (1 ppb)	40 - 120

3. Selektivitas (Spesifisitas)

Selektivitas atau spesifisitas suatu metode adalah kemampuan suatu metode untuk hanya mengukur zat tertentu saja secara cermat dan seksama dengan adanya komponen lain yang mungkin ada dalam matriks sampel. Atau sering juga diartikan spesifisitas adalah kemampuan untuk mengukur yang dituju secara tepat dan spesifik dengan adanya komponen-komponen lain dengan matriks sampel seperti ketidakmurnian produk degradasi dan komponen matriks (Harvey, 2000).

Selektivitas seringkali dapat dinyatakan sebagai derajat penyimpangan (degree of bias) metode yang dilakukan terhadap sampel yang mengandung bahan yang ditambahkan berupa cemaran, hasil urai, senyawa sejenis, senyawa asing lainnya dan dibandingkan terhadap hasil analisis sampel yang tidak mengandung bahan lain yang ditambahkan.

Kurangnya spesifisitas prosedur analisis individu dapat dikompensasi oleh prosedur analisis pendukung lainnya. ICH membagi spesifisitas dalam dua kategori yakni uji identifikasi dan uji kemurnian. Untuk tujuan identifikasi, spesifisitas ditunjukkan dengan kemampuan suatu metode analisis untuk membedakan suatu senyawa yang mempunyai struktur molekul yang mirip (berdekatan). Sedangkan untuk tujuan uji kemurnian dan tujuan pengukuran kadar spesifisitas ditunjukkan oleh daya pisah 2 senyawa yang mirip. Senyawa senyawa tersebut biasanya adalah komponen utama atau komponen aktif dan/atau suatu pengotor (ICH, 2014).

Penentuan spesifisitas metode dapat diperoleh dengan 2 jalan yang pertama adalah dengan melakukan optimasi sehingga diperoleh senyawa yang dituju terpisah secara sempurna dari senyawa-senyawa lain. Cara kedua untuk memperoleh spesifisitas adalah dengan menggunakan detektif selektif, terutama untuk senyawa yang terelusi secara bersama-sama. Sebagai contoh detektor elektro kimia atau detektor fluoresen hanya akan mendeteksi senyawa tertetu, sementara senyawa yang lainnya tidak terdeteksi.

Selektivitas metode ditentukan dengan membandingkan hasil analisis sampel yang mengandung cemaran, hasil urai, senyawa sejenis, senyawa asing lainnya atau pembawa plasebo dengan hasil analisis sampel tanpa penambahan bahan-bahan tadi. Penyimpangan hasil jika ada merupakan selisih dari hasil uji keduanya. Jika cemaran dan hasil urai tidak dapat diidentifikasi atau tidak dapat diperoleh, maka selektivitas dapat ditunjukkan dengan cara menganalisis sampel yang mengandung cemaran atau hasil uji urai dengan metode yang hendak diuji lalu dibandingkan dengan metode lain untuk pengujian kemurnian seperti kromatografi, analisis kelarutan fase dan Differential Scanning Calorimetry. Derajat kesesuaian kedua hasil analisis tersebut merupakan ukuran selektivitas. Pada metode analisis yang melibatkan kromatografi, selektivitas ditentukan melalui perhitungan daya resolusinya (R_s).

4. Linearitas

Linearitas adalah kemampuan metode analisis memberikan respon proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linearitas biasanya dinyatakan dengan garis regresi yang dihitung berdasarkan persamaan matematik data yang diperoleh dari hasil uji analit dalam sampel dengan suatu seri konsentrasi yang berbeda. Dalam penentuannya digunakan rentang konsentrasi analit berkisar antara 50-150% kadar analit dalam sampel. Jumlah sampel yang dianalisis sekurang-kurangnya 8 buah sampel.

Sebagai parameter adanya hubungan linear digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi $y = a + bX$. Hubungan linear yang ideal dicapai jika $a = 0$ dan nilai r adalah $+1$ atau -1 . Nilai b menunjukkan kepekaan analisis, sedangkan nilai a menunjukkan konstanta yang bisa disebabkan karena faktor pengganggu dalam matriks.

5. Batas Deteksi (Limit of Detection) dan Batas Kuantitasi (Limit of Quantification)

Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blangko. Batas deteksi merupakan parameter uji batas. Batas kuantitasi merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat (accurate) dan seksama (precise).

Batas deteksi (Limit of detection, LOD) didefenisikan sebagai konsentrasi analit terendah dalam sampel yang masih dapat dideteksi. Batas deteksi merupakan param-

eter uji batas. Batas kuantitasi (limit of quantitation, LOQ) merupakan sebagai konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima pada kondisi operasional metode yang digunakan.

Batas deteksi dan batas kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis regresi linear dari kurva kalibrasi sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

$$LOD = \frac{3 \times SD}{b}$$

$$LOQ = \frac{10 \times SD}{b}$$

6. Ketangguhan Metode (Ruggedness)

Ketangguhan (ruggedness) suatu metode merupakan tingkat reproduibilitas hasil uji yang diperoleh dari analisis sampel yang sama di bawah kondisi yang bermacam-macam seperti laboratorium, analisis, instrumen, bahan pereaksi, suhu, hari yang berbeda dll. Ketangguhan metode biasanya dinyatakan sebagai tidak adanya pengaruh perbedaan operasi atau lingkungan kerja pada hasil uji. Ketangguhan metode merupakan ukuran ketertiruan pada kondisi operasi normal antara lab dan antar analisis.

Ketangguhan metode ditentukan dengan menganalisis beningan suatu lot sampel yang homogen dalam lab yang berbeda oleh analisis yang berbeda menggunakan kondisi operasi yang berbeda dan lingkungan yang berbeda tetapi menggunakan prosedur dan parameter uji yang sama. Derajat ketertiruan (reproducibility) hasil uji kemudian ditentukan sebagai fungsi dari variabel penentuan. Ketertiruan (reproducibility) dapat dibandingkan terhadap keseksamaan penentuan di bawah kondisi normal untuk mendapatkan ukuran ketangguhan metode.

7. Kekuatan (Robustness)

Kekuatan suatu metode merupakan kapasitas metode analisis untuk tetap tidak terpengaruh oleh adanya variasi parameter metode yang kecil. Untuk memvalidasi kekuatan suatu metode bisa dilakukan perubahan kecil terhadap metode yang digunakan dan kemudian respon terhadap perubahan tersebut dievaluasi. Sebagai contoh, untuk menunjukkan kekuatan metode HPLC dapat dilakukan perubahan komposisi fase gerak (1%), perubahan pH fase gerak (misal 0,2 unit) atau perubahan suhu kolom (misalnya suhu 203 C). Selanjutnya dilakukan analisis terhadap perubahan-perubahan metode yang kecil tersebut.

8. Uji Kesesuaian Sistem (System Suitability)

Metode yang sudah tervalidasi, sebelum digunakan perlu dilakukan uji kesesuaian sistem untuk mengetahui apakah metode tadi masih dapat dipakai atau belum, sebaiknya semua parameter validasi diuji kesesuaiannya. Khusus untuk metode kromatografi, tailing factor dan column efficiency perlu diuji.

3.2.2. Analisis Alkohol

Salah satu bahan yang diharamkan oleh Allah adalah khamr (minuman yang memabukkan). Komponen penting dalam khamr yang menyebabkan mabuk adalah etanol. Fatwa MUI Tahun 2018 tentang Produk Makanan dan Minuman yang Mengandung alkohol/etanol menyebutkan bahwa: Minuman beralkohol yang masuk kategori khamr adalah minuman yang mengandung alkohol/etanol (C_2H_5OH) lebih dari 0,5 %. Minuman beralkohol yang masuk kategori khamr adalah najis dan hukumnya haram, sedikit ataupun banyak (LPPOM-MUI, 2018). Persyaratan penggunaan alkohol dalam produk pangan menurut LPPOM-MUI adalah alkohol tidak berasal dari industri khamr (minuman beralkohol). Penggunaan alkohol dalam proses produksi produk makanan dan minuman diperbolehkan apabila kadar alkohol dalam produk akhir tidak terdeteksi dan kadar alkohol pada produk intermediate (produk antara)/ produk yang tidak dikonsumsi langsung yang disertifikasi tidak lebih dari 1% (LPPOM MUI, 2012).

Penentuan kehalalan suatu produk dikaitkan dengan kandungan alkohol ditentukan oleh kadar alkohol yang ada dalam produk baik produk akhir maupun produk intermediate. Oleh karenanya metode deteksi yang valid dan dipercaya sangat penting.

3.2.2.1. Analisis Alkohol dengan Spektrofotometri UV-Vis

Analisis spektrofotometri UV-Vis didasarkan atas interaksi antara radiasi ultra violet (190-380 nm) dan radiasi pada daerah visibel (380-780 nm). Analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometri UV-Vis didasarkan atas berkurangnya intensitas radiasi setelah melalui suatu larutan. Berkurangnya intensitas radiasi ini berbanding lurus dengan konsentrasi analit di dalam sampel.

Metode spektrofotometri ini adalah metode yang memiliki sensitifitas sangat tinggi untuk analisis kadar alkohol dalam produk-produk makanan dan minuman (Magrí et al., 1997). Senyawa-senyawa yang dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis haruslah mempunyai kromofor yang bisa menyerap radiasi UV-Vis yang dilewatkan. Senyawa yang tidak mempunyai kromofor perlu dilakukan preparasi melalui reaksi-reaksi tertentu sehingga mempunyai gugus kromofor dan bisa dilakukan analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Analisis kuantitatif alkohol dapat dilakukan menggunakan spektrofotometri setelah melalui reaksi oksidasi dan menghasilkan senyawa berwarna yang bisa ditetapkan kadarnya dengan spektrofotometri visibel. Oksidator yang bisa digunakan antara lain oksidator cerium ($Ce(IV)$) dan oksidator kromat (Cr_2O_7).

Optimasi dan validasi metode analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis melalui reaksi oksidasi dengan kromat telah dilakukan (Perdana, 2018). Metode spektrofotometri UV-Vis dinyatakan valid untuk penetapan kadar alkohol dalam produk pangan dilihat dari parameter akurasi (dengan nilai recovery 102,56%), presisi (dengan nilai RSD 1,10%), linearitas (dengan koefisien regresi 0,9992), limit deteksi (LOD) 0,175%, limit kuantitasi (LOQ) 0,585% serta estimasi ketidakpastian 0,021 (Perdana, 2018).

Prosedur analisis menggunakan spektrofotometri dapat dilakukan dengan urutan kerja sebagai berikut:

1. Sampel sebanyak 0,5 ml dicampurkan dengan air suling sebanyak 15 ml dan pereaksi kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$, 5%) sebanyak 12,5 ml ke dalam erlenmeyer dan dicampurkan. Tambahkan buffer fosfat pH 4,4 sebanyak 5 ml.
2. Campuran yang terbentuk diambil sebanyak 10 ml dan masukkan ke dalam labu ukur 25,0 ml dan panaskan pada waterbath suhu $62,5^\circ C$ selama 20 menit.
3. Larutan didinginkan pada suhu ruang dan setelah dingin ditambahkan aquades sampai tanda 25,0 ml.
4. Konsentrasi ditentukan menggunakan kurva baku alkohol yang dipersiapkan dengan cara yang sama.
5. Panjang gelombang maksimum dicari dengan mengukur salah satu konsentrasi dari larutan baku pada panjang gelombang 595-610 nm. Panjang gelombang maksimum diperoleh pada kira-kira 598,5 nm.

Metode ini sudah bisa digunakan untuk penetapan kadar alkohol pada tapai ketan (Sari & Fajar, 2018) dan juga beberapa jenis minuman dan makanan (Perdana, 2018) dan beberapa produk fermentasi beberapa jenis umbi-umbian antara lain Sente (*Alocasia macrorrhiza* (L)G.Don), Sente Wulung (*Alocasia indica*(Lour.) Koch) dan Kimpul (*Xhantosoma nigrum* (Vell.) (Oktaviani et al., 2011).

3.2.2.2. Analisis Alkohol Menggunakan Gas Chromatography (GC)

Kromatografi gas merupakan alat yang digunakan untuk pemisahan suatu zat atau senyawa yang umumnya bersifat volatil (mudah menguap). Sampel yang biasanya digunakan dalam kromatografi gas bisa berwujud cair maupun gas. Prinsip kerja alat kromatografi gas yaitu sampel diinjeksikan kemudian dibawa oleh fase gerak yang berupa gas ke dalam kolom untuk dilakukan pemisahan sampel yang akan diteliti (Khopkar, 2007).

Menurut AOAC, kadar alkohol dalam minuman dapat ditetapkan menggunakan GC (Konings et al., 2016). Metode ini juga sudah divalidasi dan dapat digunakan untuk menetapkan kadar pada minuman. Metode ini banyak dipilih karena memiliki banyak kelebihan antara lain waktu analisisnya singkat serta ketajaman pemisahan yang tinggi, dapat digunakan kolom yang lebih panjang untuk menghasilkan pemisahan yang tinggi, analisis sampel terutama alkohol juga relatif cepat dengan sensitivitas yang tinggi.

Metode kromatografi gas dengan detector FID (flame ionization detector) ini telah digunakan untuk menetapkan kadar alkohol pada beberapa produk kosmetik baik yang memiliki sertifikat halal ataupun tidak. Beberapa parameter validasi juga sudah diperiksa dan menunjukkan hasil yang memenuhi syarat keberterimaan antara lain: nilai RSD 0,2331%, tailing factor (TF) 0,9568; angka lempeng teoritis (N) 2872,5 dan faktor resolusi (Rs) 1,874 (Albab & Nukhasanah, 2020).

Penetapan kadar alkohol menggunakan kromatografi gas dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Albab & Nukhasanah, 2020):

1. Pembuatan larutan baku dilakukan dengan menyiapkan alkohol standar dengan konsentrasi 1% sebagai larutan stok dan kemudian dibuat seri konsentrasi. Selanjutnya 2,5 ml larutan baku ditambahkan standar internal isopropanol 0,08% sebanyak 2,5 ml ke dalam labu ukur dan dihomogenkan.
2. Preparasi sampel dilakukan dengan mengambil 2,5 ml sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 5,0 ml dan ditambahkan standar internal isopropanol 0,08% dan dihomogenkan.
3. Sebanyak 1 μ l sampel diambil dan diinjeksikan ke dalam kromatografi gas. Kondisi operasi kromatografi gas adalah fase gerak gas helium, fase diam Kolom Rtx 5ms (p 30 m, d 0,25 mm), jenis detector FID, suhu injek 150 C, suhu kolom 45 C, suhu detektor 200 C, kecepatan alir 1 ml/menit.

3.2.3. Analisis Derivat Babi

Salah satu konsep halal dalam ajaran Islam adalah makanan harus tidak mengandung sedikitpun lard atau lemak pangan yang diturunkan dari hewan babi. Kehadiran komponen lemak babi ini seringkali digunakan untuk menggantikan lemak sapi yang pada dasarnya berfungsi sama. Terdeteksinya kandungan lemak babi (baik sedikit maupun banyak) dalam suatu bahan pangan akan membawa makanan tersebut menjadi haram untuk dikonsumsi sehingga sangat perlu dilakukan uji kandungan kimiawi terhadap bahan pangan yang disinyalir tidak halal (Mursyidi, 2013). Kemajuan teknologi industri pengolahan makanan semakin banyak memperkenalkan kerumitan proses pada penyiapan bahan baku dan produk olahannya sehingga terdapat kesulitan untuk mengidentifikasi atau melacak asal bahan suatu produk makanan. Oleh karenanya dibutuhkan metode deteksi yang spesifik dan sensitif untuk autentikasinya.

Produk makanan dengan menggunakan bahan daging adalah salah satu produk yang sangat sering dijumpai pemalsuan atau pencampuran menggunakan bahan daging yang tidak halal, antara lain pencampuran produk yang menggunakan bahan daging sapi dicampur (dipalsukan) dengan daging celeng dan daging tikus. Produk makanan berbahan daging ayam dipalsukan (dioplos/dicampur) dengan bahan baku ayam mati (ayam tiren) atau dicampur dengan bahan baku daging tikus dan lain-lain. Produk-produk makanan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia seperti bakso, sosis dan produk-produk sejenisnya adalah sangat rawan pemalsuan (pencampuran/pengoplosan).

Babi adalah salah satu bahan yang diharamkan dalam Al-Qur'an sebagaimana terdapat dalam QS An Nahl ayat 115.

An-Nahl

QS 16 : 115

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنزِيرِ وَمَا أُهْلَ لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَإِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan atasmu (memakan) bangkai, darah, daging babi dan apa yang disembelih dengan menyebut nama selain Allah; tetapi barangsiapa yang terpaksa memakannya dengan tidak menganiaya dan tidak pula melampaui batas, maka sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang”

(Q.S. An Nahl: 115)



Berdasarkan firman Allah SWT pada QS Surah An-Nahl ayat 115 di atas, keharaman mengkonsumsikan daging babi adalah sangat jelas. Walaupun di dalam ayat tersebut hanya disebutkan daging babi, tetapi para fuqaha (ulama) sepakat bahwa yang diharamkan dari daging babi adalah semua bagiannya, termasuk derivat-derivatnya, seperti gelatin yang diekstraksi dari tulang babi atau kulit babi. Penggunaan babi (intifa' babi atau turunannya) tidak diperbolehkan sama sekali dalam proses produksi makanan halal. Proses produksi yang melibatkan penggunaan bahan dari hewan babi atau derivatnya tidak dapat diterima dalam proses sertifikasi halal, sekalipun hanya digunakan dalam proses produksi dan kandungannya sudah tidak terdapat lagi dalam produk akhir.

Lemak babi merupakan salah satu komponen yang sering digunakan dalam produk makanan maupun kosmetika. Dalam makanan, lemak babi digunakan untuk membuat emulsifier. Dalam sediaan farmasetik, lemak babi dan minyak-minyak lain sering digunakan sebagai pelarut obat-obat non-polar seperti testosterone dan estradiol. Lemak babi juga bahan yang sering digunakan dalam sediaan kosmetika, seperti krim atau lotion sebagai penstabil, emulgator, emolien, surfaktan, dan lain-lain. Lemak babi tersusun dari berbagai jenis asam lemak dengan komposisi yang berbedabeda seperti tersaji pada tabel 7.

Tabel 7. Komposisi asam lemak dalam lemak babi (lard) (Codex Alimentarius, 1999)

Asam lemak	Komposisi dalam lemak babi (<i>lard</i>) (%)
C6:0	<0,5 (total)
C8:0	
C10:0	
C12:0	
C14:0	1,0 – 2,5
C14:ISO	<0,1
C14:1	<0,2
C15:0	<0,2
C15:ISO	<0,1
C15: ANTI ISO	<0,1
C16: 0	20-30
C16:1	2,0-4,0
C16:ISO	<0,1
C16:2	<0,1
C17:0	<1
C17:1	<1
C17:ISO	<0,1
C17: ANTI ISO	<0,1
C18:0	8-22
C18:1	35-55

Asam lemak	Komposisi dalam lemak babi (<i>lard</i>) (%)
C18:2	4-12
C18:3	<1,5
C20:0	<1,0
C20:1	<1,5
C20:2	<1,0
C20:4	<1,0
C22:0	<0,1
C22:1	<0,5

Pendeteksian kandungan turunan (derivate) babi ini bisa menggunakan beberapa pendekatan. Pendekatan pertama adalah dengan menentukan perbandingan (rasio) antara beberapa kandungan kimia dan mengasumsikan bahwa rasio ini adalah tetap. Penambahan bahan-bahan lain dalam pengolahan pangan akan mengubah rasio atau komposisi kimiawinya, oleh karenanya dibutuhkan metode statistika untuk memperjelas dan menganalisisnya. Metode analisis dengan kemometrika, merupakan metode yang banyak dilaporkan penggunaannya untuk autentikasi adanya derivat (turunan) babi dalam berbagai produk. Pendekatan kedua adalah dengan mencari penanda (marker) tertentu dalam produk pangan yang spesifik serta untuk membedakannya dari yang lain. Penanda ini bisa berupa kandungan kimia atau komponen morfologi yang mampu membedakan dengan derivat lainnya. Pendekatan ketiga dilakukan dengan melakukan analisis fisika kimia (Sudjadi & Rohman, 2016). Sifat volatil dari lemak babi misalnya dikembangkan melalui deteksi dengan beberapa alat dan berkembang menjadi cabang riset yang disebut volatilmik (Cordella et al., 2002).

Penggunaan derivat-derivat babi dalam produksi makanan, kosmetik ataupun farmasetik sangat bervariasi dalam jumlah. Penggunaan dalam jumlah besar tidak akan menimbulkan banyak kesulitan dalam deteksinya. Tetapi dalam hal penggunaan derivat babi dalam jumlah sedikit maka diperlukan metode analisis yang sangat sensitif untuk mendeteksinya. Metode analisis yang digunakan untuk deteksi dan kuantifikasi derivat (turunan) babi baik pada bahan baku ataupun produk jadi antara lain: Fourier Transform Infra Red (FTIR), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Gas Chromatography (GC), Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Polymerase Chain Reaction (PCR) dan lain-lain.

3.2.3.1. Kemometrika

Kemometrika adalah cabang ilmu kimia analitik yang menggunakan prinsip-prinsip statistik untuk merancang dan memilih suatu prosedur eksperimen analisis yang optimal dan memberikan informasi kimia secara maksimal dan relevan melalui analisis data kimiawi (Roggo et al., 2007). Kemometrika banyak berkaitan dengan pengukuran data multivariat.

Data-data kimia yang dihasilkan dari analisis dengan berbagai instrumentasi antara lain FTIR, DSC ataupun GC sangat kompleks, sehingga diperlukan suatu metode untuk memudahkan pengolahan data tersebut. Kemometrika dapat digunakan untuk

pengelompokan data-data dengan antara lain analisis komponen utama (Principal Component Analysis/PCA), analisis pengelompokan/ kluster (cluster analysis) dan analisis diskriminan (discriminant analysis).

Analisis komponen utama (Principal Component Analysis/PCA) adalah teknik reduksi data multivariat. Sampel dengan komponen utama yang hampir sama mempunyai sifat fisika-kimia yang hampir sama dapat dikelompokkan. Pada analisis kluster, sampel dibagi dalam beberapa kelompok (kelas) sehingga objek objek yang sejenis akan berada dalam kelompok yang sama. Kelompok-kelompok ini baru akan diketahui setelah dilakukan analisis matematik. Pada analisis diskriminan (discriminant analysis), diawali dengan sejumlah objek yang anggota kelompoknya telah diketahui, misalnya lemak babi yang berasal dari berbagai bagian/daerah penyembelihan.

3.2.3.2. FTIR Spectrophotometry

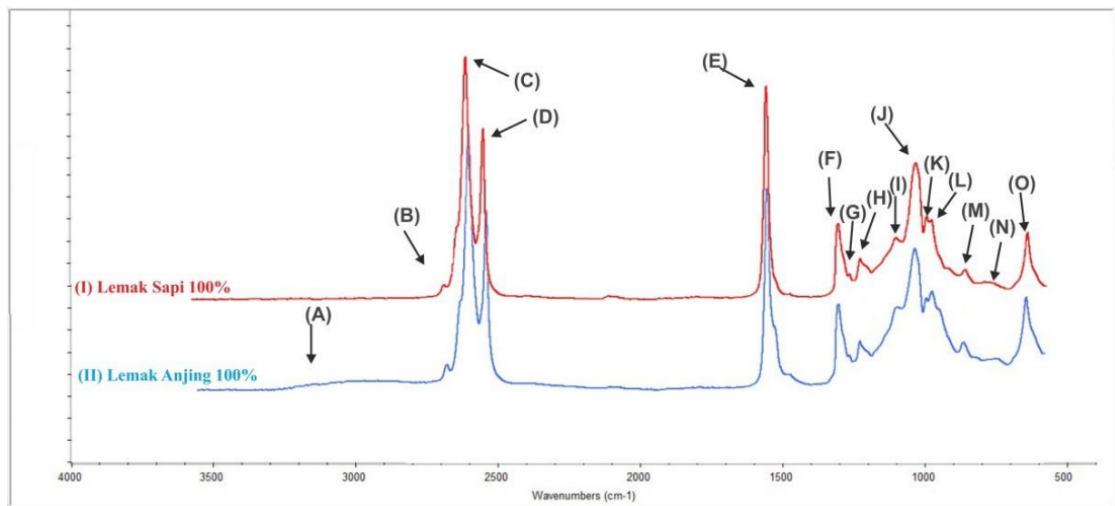
Metode spektrofotometri FTIR ini merupakan metode yang sudah banyak dilaporkan dalam berbagai publikasi ilmiah untuk identifikasi derivat babi. Metode ini mempunyai kelebihan karena tidak destruktif sehingga bisa digunakan seandainya sampel yang dianalisis hanya sedikit dan akan digunakan untuk analisis yang lain. Metode ini juga sangat sensitif dan tidak memerlukan preparasi sampel yang rumit (Sudjadi & Rohman, 2016). Derivat babi digunakan dalam bermacam-macam produk sehingga komposisi matriks dalam analisis juga sangat bervariasi. Oleh karenanya, variasi spektra FTIR yang dihasilkan dari berbagai matriks produk sangat besar dan karenanya diperlukan metode kemometrika untuk membantu analisisnya. Metode FTIR ini telah banyak dikaji untuk analisis derivat babi dalam berbagai produk seperti disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Kajian penggunaan spektrofotometri FTIR dalam analisis derivat babi

Jenis Sampel	Topik	Jenis Kemometrika	Rujukan
Campuran lemak babi dan lemak ayam	Deteksi lemak babi	PLS,DA	(Vacawati et al., 2013)
Jaringan lemak hewani ikan tuna dan babi	Membandingkan profil spektra IR asam lemak babi dan minyak ikan tuna.	-	(Megawati et al., 2020)
Rambut hewan sapi, babi dan kambing	Identifikasi dan diskriminasi rambut sapi, babi dan kambing	-	(Rafi et al., 2016)
Minyak babi dalam minyak bumbu mie instant impor	Identifikasi minyak babi	PLS, PCA	(Utami et al., 2018)
Lemak babi dalam lipstick cair impor	Identifikasi lemak babi	-	(Syakri, 2019)

Lemak babi dalam formulasi lipstick yang mengandung minyak jarak	Identifikasi lemak babi	PCA	(Waskitho et al., 2016)
Daging paha belakang babi dan sapi	Analisis perbedaan kandungan protein daging sapi dan babi	-	(A. Firmansyah et al., 2018)
Lemak babi dalam bakso	Analisis lemak babi	PCA, PLS	(Kurniawati et al., 2014)
Daging babi dalam sosis	Analisis perbedaan profil daging sapi, babi dan sosis	PCA, PLS	(Any Guntarti et al., 2019)
Daging babi dalam bakso sapi	Analisis deteksi daging babi dalam bakso sapi	PLS	(Abdul Rohman et al., 2011)
Daging babi dalam sosis	Analisis deteksi daging babi dalam sosis	PLS-DA	(Xu et al., 2012)

Spektra inframerah lemak babi dan lemak lainnya sangat mirip (gambar3), karena komponen penyusun semua lemak adalah sama yaitu trigliserida (ester gliserol asam lemak). Yang membedakan adalah jenis asam lemak penyusun, komposisi asam lemak penyusunnya serta tingkat kejenuhan asam lemak penyusunnya. Spektrofotometri FTIR yang sering disebut sebagai finger print spectrum akan mampu membedakan mereka.



Gambar 3. Perbedaan spektra lemak sapi dan lemak anjing dalam sampel bakso.
Keterangan: merah (lemak sapi) dan biru (lemak anjing)

Kajian sebelumnya (Che Man et al., 2011) membuktikan bahwa FTIR dapat digunakan untuk membedakan lemak babi dari 11 minyak dan lemak makan lainnya. Analisis spektra FTIR dibantu dengan kemometrika mampu menunjukkan perbedaan dari lemak babi dibandingkan 11 jenis minyak atau lemak makan lainnya.

Pada modul ini diberikan contoh tahapan analisis FTIR untuk analisis lemak babi pada campuran bakso dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan Variasi Konsentrasi Asam Lemak Babi dalam Matriks Bakso Sapi

Bahan daging dihaluskan dan ditambahkan bahan tambahan lain seperti tepung tapioka dan bumbu-bumbu lain (garam, bawang merah, bawang putih dan merica halus). Sampel bakso campuran daging dibuat dengan berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Variasi konsentrasi sampel bakso daging sapi dan babi

Konsentrasi daging babi (%)	Daging sapi (g)	Daging babi (g)	Bahan lain (g)
0	25	0	5
20	20	5	5
40	15	10	5
60	10	15	5
80	5	20	5
90	2,5	22,5	5
100	0	25	5

Daging sapi dan daging babi digiling secara terpisah, kemudian dicampurkan sesuai komposisi dan ditambahkan dengan bahan-bahan lainnya dan diaduk sehingga kalis dan bisa dibuat dalam bentuk bola. Campuran daging dibentuk menjadi bola dan kemudian dimasak dalam air mendidih (100°C) selama 10 - 20 menit.

2. Ekstraksi Lemak Bakso

Analisis FTIR dilakukan terhadap lemak pada campuran dalam bakso. Untuk mendapatkan lemak, bakso diekstraksi dengan alat Soxhlet dengan pelarut n-heksan. Ekstraksi dengan alat Soxhlet dilakukan selama 4-7 jam pada suhu 70°C. Setelah proses ekstraksi selesai, maka lemak akan diperoleh terlarut di dalam n-heksan. Untuk mengeringkan sisa-sisa air bisa ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat. Lemak bisa dipisahkan dari nheksan dengan menguapkan n-heksan. Lemak yang diperoleh dipindahkan ke effendorf untuk analisis dengan Spektrofotometri FTIR (Any Guntarti & Prativi, 2017).

3. Analisis Sampel dengan FTIR

Sampel lemak yang telah didapatkan kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometri FTIR. Analisis ini dilakukan pada frekuensi 4000-650 cm⁻¹ Sampel berupa minyak ditempatkan pada kristal ATR pada suhu terkendali (25°C). Pengukuran dilakukan pada 32 scan pada daya pisah (resolusi) 4 cm⁻¹.

Tahap pertama dilakukan scanning, lempeng kristal ATR dibersihkan dengan menggunakan n-heksan 2 kali lalu dengan aseton 1 kali sampai bersih, kemudian dikeringkan dengan menggunakan tisu

halus khusus. Dilakukan pembacaan background terlebih dahulu (background udara atau pelarut). Baru kemudian dilakukan pembacaan spektra pada masing-masing sampel uji. Intensitas atau absorbansi spektra background merupakan indikator pembersihan yang dilakukan telah baik atau belum. Sisa pengujian sampel yang telah dilakukan sebelumnya juga harus dipastikan telah bersih. Spektrum dasar diukur pada setiap kali sebelum dilakukan pengukuran sampel, hal ini perlu dilakukan untuk menghindari adanya variasi spektra antar waktu (Abdul Rohman et al., 2017).

4. Pengukuran Sampel dari Pasaran

Analisis spektra FTIR terhadap sampel pasaran juga dilakukan dengan cara yang sama. Lemak diekstraksi dari sampel bakso dengan cara yang sama pada pembuatan model yaitu dengan alat Soxhlet.

5. Analisis Data Statistika

Analisis statistika kuantitatif hasil pengujian spektrofotometri FTIR pada sampel bakso dianalisis menggunakan program analisis kemometrika multivariat kalibrasi PLS dan PCA dengan software Minitab 19 dalam perangkat komputer. Partial Least Square (PLS) digunakan untuk mengetahui linearitas. Kertas kerja perangkat lunak Excel 2010 juga digunakan untuk menghubungkan antara konsentrasi sampel sebenarnya (actual value) dengan konsentrasi sampel yang telah diprediksi/ditemukan (predicted value). Akurasi model PLS dievaluasi dengan koefisien determinasi (R^2) sedangkan ketepatan metode analisis data dinilai dengan menggunakan akar berarti Root Mean Square Error of Cross Validation (RMSECV) dan Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP).

Rumus yang digunakan untuk memperoleh RMSECV:

$$\text{RMSECV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2}{n}}$$

Keterangan:

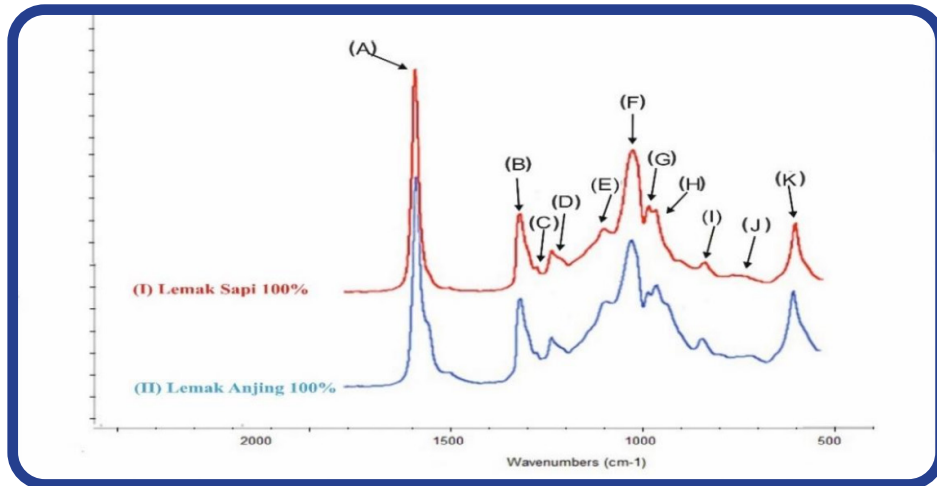
\hat{x}_i = nilai aktual dari bakso

x_i = nilai terhitung *cross validation* dari bakso

n = jumlah sampel kalibrasi atau validasi

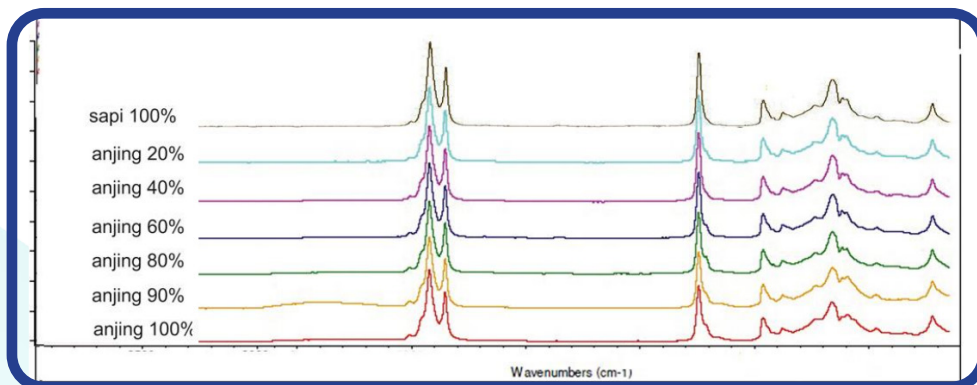
6. Contoh Model Analisis Menggunakan Kemometrika

Analisis kemometrika dilakukan pada puncak-puncak pada daerah spesifik yang bisa membedakan. Pada contoh ini analisis cemaran daging anjing pada bakso sapi ini dilakukan pada bilangan gelombang 1750-700 nm. Perbedaan puncak-puncak pada bilangan gelombang tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



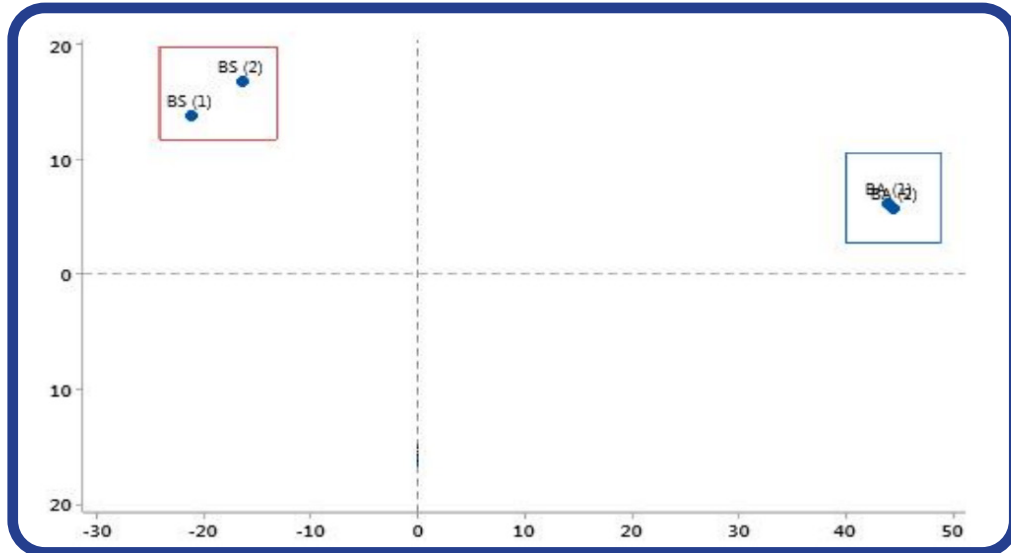
Gambar 4. Spektra FTIR lemak anjing (biru) dan lemak sapi (merah)

Variasi konsentrasi lemak anjing pada tabel 9 digunakan untuk analisis kuantitatif dengan kalibrasi multivariat Partial Least Square (PLS). Spektra FTIR pada konsentrasi yang berbeda-beda ditunjukkan pada gambar 5. Untuk memastikan pembacaan spectra dilakukan pada rentang bilangan gelombang yang baik, maka dilakukan optimasi pada beberapa range bilangan gelombang. Optimasi ini dilakukan untuk menentukan model kalibrasi PLS dan pengelompokan PCA. Dari hasil optimasi beberapa rentang maka dipilih rentang 800-1750 yang memiliki koefisien determinasi (R^2) dan RMSCEC yang paling baik.



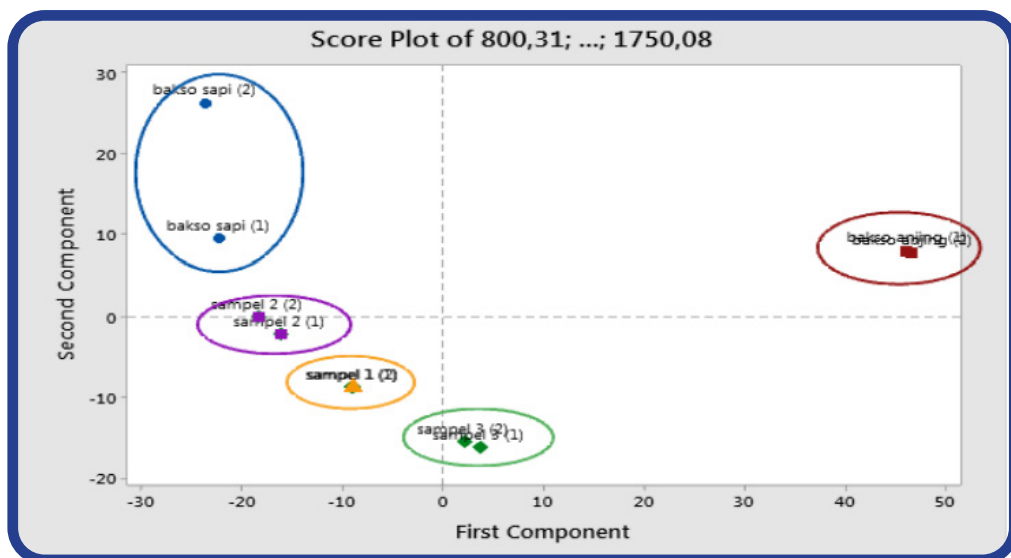
Gambar 5. Spektra FTIR variasi konsentrasi daging sapi dan daging anjing dalam bakso sapi

Analisis selanjutnya adalah pengelompokan data menggunakan PCA yang dilakukan pada bilangan gelombang optimal yang telah diperoleh (1750-800). Analisis PCA dilakukan perbandingan antar komponen dengan memasukkan data spektra lemak anjing (100%) dan lemak sapi (100%) dengan replikasi untuk memastikan bahwa kedua jenis lemak tersebut terpisah. Gambar 6 menunjukkan bahwa kedua jenis lemak tersebut terpisah kuadran.



Gambar 6. Scoreplot PCA sampel lemak anjing (100%) dan lemak sapi (100%) pada bakso. Merah (lemak sapi) dan biru (lemak anjing)

Pada penggunaan untuk analisis, sampel bakso yang diperlakukan dengan cara yang sama dan kemudian dibaca pada spektrofotometri FTIR dan kemudian dianalisis menggunakan PCA. Hasil analisis akan terlihat pada scoreplot, jika sampel yang diperiksa mengandung daging anjing maka ia akan berada pada daerah yang sama dengan daerah anjing. Hasil analisis pada gambar 7 menunjukkan hasil bahwa sampel yang diperiksa tidak mengandung daging anjing. Analisis kemometrika dapat dilakukan untuk analisis derivat-derivat babi yang lain, misalnya gelatin atau rambut babi (Rafi et al., 2016) yang dianalisis dengan spektrofotometri FTIR.



Gambar 7. Scoreplot hasil analisis PCA terhadap 3 sampel bakso

3.2.3.3. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential scanning calorimetry (DSC) merupakan salah satu teknik analisis termal yang tersedia untuk autentikasi halal. Prinsip DSC adalah dengan menempatkan sampel dan referens dalam suatu oven kecil menggunakan suhu yang sama. Daya listrik yang diperlukan setara dengan efek kalorimetriknya (Sudjadi & Rohman, 2016). DSC mengukur perubahan energi yang terjadi ketika sampel dipanaskan, didinginkan atau ditahan secara isothermal, bersama-sama dengan suhu terjadinya perubahan. Keuntungan metode DSC ini adalah mudah digunakan, sampel bisa dianalisis tanpa preparasi yang kompleks sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat.

Teknik DSC merupakan metode yang sudah sering digunakan untuk analisis kontaminasi dan adulterasi (pemalsuan) produk-produk minyak dan lemak. Teknik DSC adalah teknik thermos-analytical yang dapat mengukur perubahan jumlah energi yang diabsorpsi atau dilepaskan akibat perubahan fisik pada setiap perubahan suhu yang diberikan baik pendinginan maupun pemanasan. Perubahan ini akan ditampilkan sebagai puncak-puncak di dalam DSC. Dua jenis desain DSC yang ada yaitu heat flux DSC dan power compensation DSC. Pada heat flux DSC, signal instrument dihasilkan dari perbedaan suhu antara sampel dan referens, respon energi yang diabsorb akan digambarkan ke bawah. Pada power compensation DSC, sinyal dihasilkan dari perbedaan kalor antara sampel dan referens, sedangkan suhunya dijaga sama (T. Haryati et al., 2004).

Reliabilitas hasil analisis dengan DSC bergantung pada ketelitian sewaktu melakukan kalibrasi instrumen. Luas puncak DSC harus dikalibrasi untuk pengukuran entalpi. Akurasi pengukuran sangat bergantung pada penggunaan standar kalibrator yang berkualitas tinggi dan sensor-sensor DSC yang bersih. Bahan-bahan dengan kemurnian tinggi dari NIST dapat digunakan untuk kalibrasi. Lebih lanjut, telah banyak publikasi ilmiah telah mengembangkan metode DSC ini untuk analisis derivat babi seperti disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Kajian penggunaan DSC dalam analisis derivat babi

Jenis Sampel	Topik	Jenis Kemometrika	Batas Deteksi	Rujukan
Bakso Sapi	Autentikasi daging babi hutan dalam bakso sapi	PCA, PLS	-	(Any Guntarti et al., 2017).
Minyak canola	Deteksi lemak babi dalam pemalsuan minyak canola	-	5%	(Jalaldeen Mohammed Nazrim Marikkar & Rana, 2014)
Cocoa butter	Deteksi lemak babi dalam cocoa butter	-	3%	(Azir et al., 2017)

Minyak bunga matahari	Deteksi kontaminasi lemak hewan dalam minyak bunga matahari	-	-	(J.M.N Marikkar et al., 2012)
Minyak sawit	Deteksi lemak babi dalam minyak sawit	-	1%	(J.M.N Marikkar et al., 2001)
Butter	Deteksi lemak babi dalam pemalsuan butter	-	-	(Nurrulhidayah et al., 2015)

Sebagai gambaran diberikan contoh tahapan analisis menggunakan DSC pada sampel butter dilakukan sebagai berikut:

1. Penyiapan Lemak Babi

Lemak babi dapat diisolasi dari jaringan adiposa babi dengan melakukan pemanasan. Lemak yang diperoleh selanjutnya disimpan dalam wadah yang bersih dan diberikan gas nitrogen untuk menghindari oksidasi sampai digunakan.

2. Penyiapan Campuran Lemak Babi dan Butter

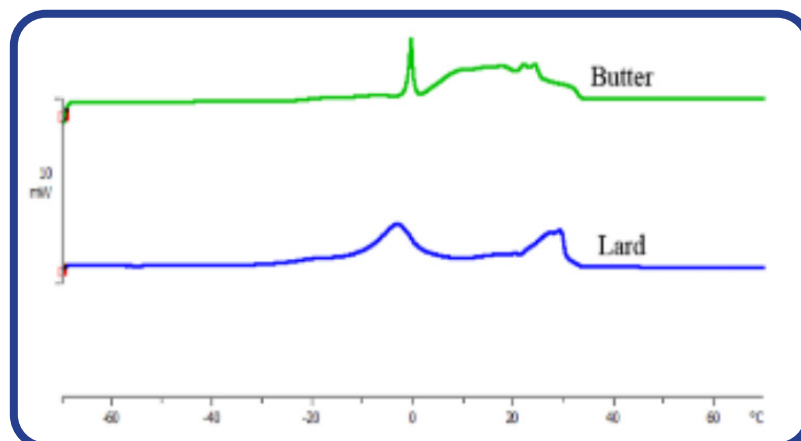
Campuran lemak babi dan butter dibuat dalam berbagai perbandingan (v/v) dengan persentase babi dalam butter sebagai berikut: 1; 3; 5; 19; 20; 30; 40 dan 50%. Campuran disiapkan dalam 3 replikasi dan selanjutnya dianalisis dengan DSC.

3. Analisis DSC

Sejumlah 9 mg dari tiap-tiap sampel ditimbang secara akurat menggunakan timbangan analitik. Instrumen yang digunakan harus dikalibrasi sebelumnya menggunakan standar kalibrator yang berkualitas tinggi misal indium. Instrumen DSC dapat di program dengan isothermik 60°C selama 5 menit dan selanjutnya kecepatan scanning 5°C per menit.

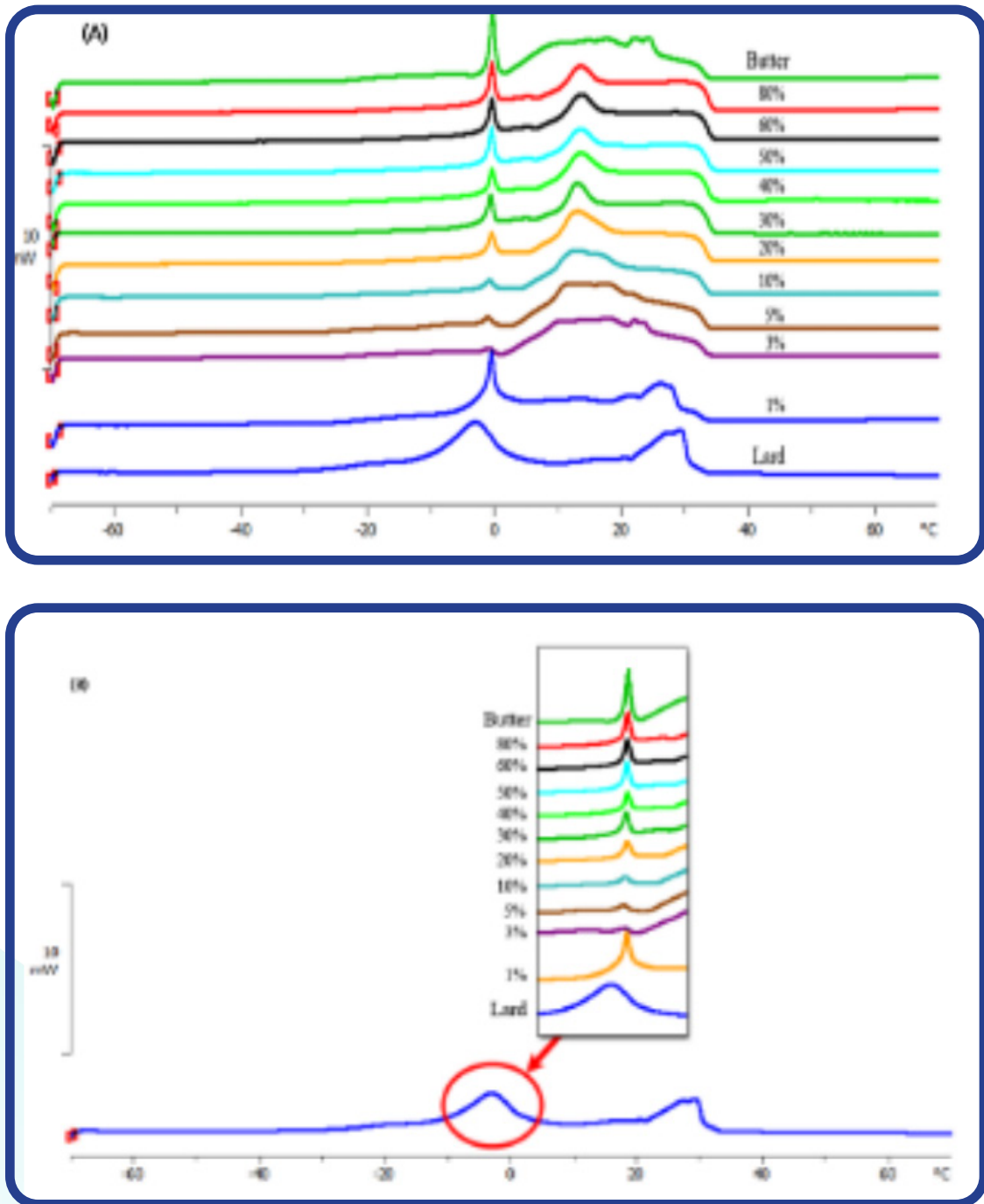
4. Analisis Termogram

Termogram lemak babi dan butter dapat dilihat pada gambar 8. Sedangkan termogram campuran lemak babi dan butter pada berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada gambar berikut:



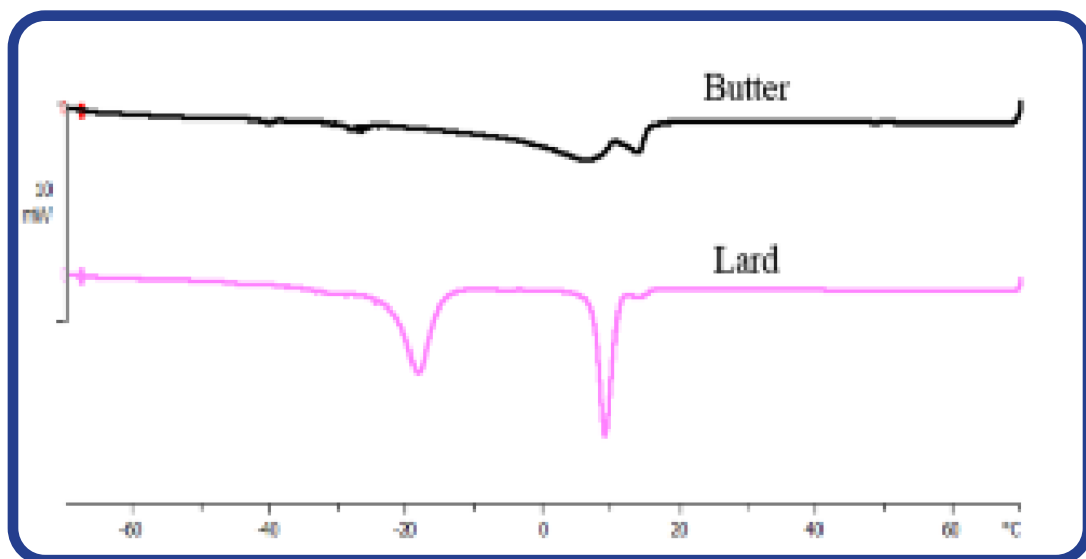
Gambar 8. Termogram pemanasan butter dan lemak babi murni (Nurrul Hidayah et. al., 2015)

Pada gambar diatas dapat terlihat bahwa lemak babi murni mempunyai 2 puncak titik lebur (melting point) yaitu di sekitar 0°C dan sekitar 23-25°C. Puncak pertama di sekitar 0°C disebabkan karena tingginya asam lemak dan TAG tak jenuh, sedangkan puncak kedua pada 23-25°C disebabkan utamanya karena asam lemak dan TAG jenuh. Gambar 9 menunjukkan kurva titik lebur campuran lemak babi dan butter. Dari gambar 9 terlihat bahwa terjadi pengurangan intensitas puncak pada sekitar 0°C dengan bertambahnya konsentrasi lemak babi dalam campuran. Puncak titik lebur sekitar 23-25°C meningkat signifikan dengan penambahan lemak babi. Intensitas pada titik lebur ini disebabkan karena penambahan kristal beta dalam campuran (Azir et al., 2017).



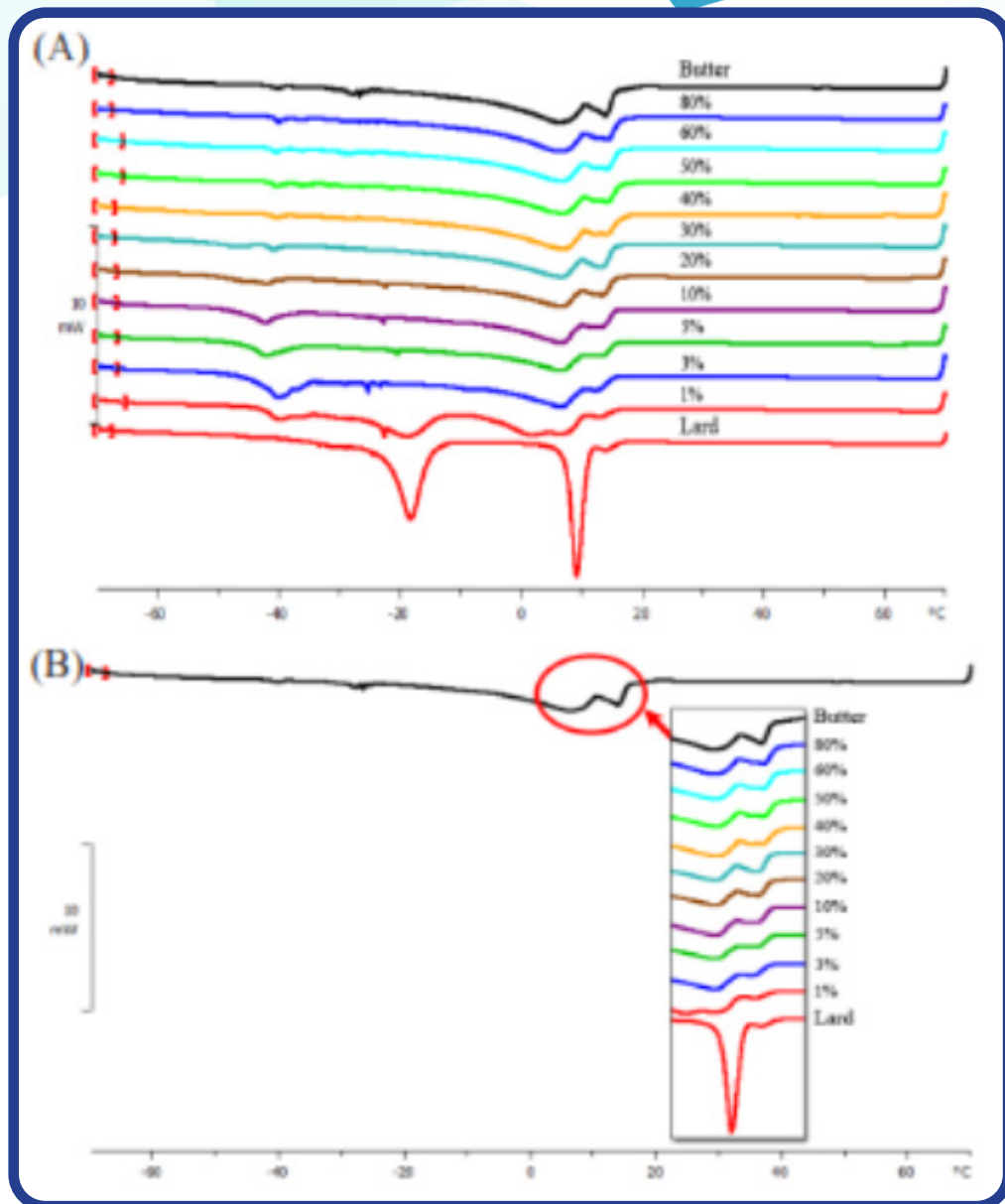
Gambar 9. Termogram pemanasan campuran lemak babi dalam butter dalam berbagai variasi konsentrasi (Nurrul Hidayah et al., 2015).

Termogram pendinginan lemak babi dan butter murni dapat dilihat pada gambar 10. Butter memiliki dua puncak utama di sekitar suhu 7-15 C. Dua puncak eksotermis ini disebabkan karena terbentuknya kristal TAG. Puncak eksotermis yang kecil ini berhubungan dengan rendahnya kadar TAG tak jenuh. Lemak babi memiliki dua puncak eksotermis utama yang dapat teramati di sekitar suhu -18,5 dan 9 C. Hal ini disebabkan lemak babi memiliki komponen penyusun berupa asam lemak dan TAG yang berbeda dengan butter. Lemak babi tersusun atas komponen asam lemak dan TAG tak jenuh yang cukup tinggi, asam lemak dan TAG tak jenuh ini akan mengkristal pada suhu lebih rendah, sedangkan asam lemak dan TAG jenuh akan mengkristal pada suhu lebih tinggi (Marina et al., 2009). Perbedaan profil termogram karena komposisi ini yang akan dijadikan model untuk menganalisis adanya pemalsuan dan pencampuran lemak babi di dalam butter.



Gambar 10. Termogram pendinginan lemak babi dan butter murni (Nurrul Hidayah et al., 2015)

Sementara, pada gambar 11 di bawah menunjukkan kurva termogram pendinginan dari campuran lemak babi dan butter pada berbagai variasi perbandingan. Ketika butter ditambah dengan lemak babi, dua puncak pendinginan pada butter masih dapat diamati, tetapi mengalami perubahan morfologi dengan meningkatnya komposisi lemak babi di dalam campuran. Perubahan entalpi karena adanya campuran tersebut dapat secara kuantitatif diamati dengan mengukur luas area di bawah kurva. Dari gambar 11 tersebut dapat disimpulkan bahwa DSC dapat mendeteksi perubahan kurva pemanasan dan pendinginan butter karena adanya campuran lemak babi (J.M.N Marikkar et al., 2001).



Gambar 11. Termogram pendinginan campuran lemak babi dalam butter dengan berbagai konsentrasi (Nurrul Hidayah et al., 2015) dalam berbagai variasi konsentrasi (Nurrul Hidayah et al., 2015).

3.2.3.4. Gas Chromatography (GC)

Kromatografi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk analisis kehalalan produk. Kromatografi mampu memisahkan komponen-komponen penyusun. Teknik kromatografi sering dikombinasikan dengan kemometrika untuk analisis komponen penyusun dan identifikasi komponen non halal dalam sampel campuran. Pemisahan pada kromatografi gas didasarkan atas titik didih senyawa dan interaksi-interaksi senyawa itu dengan komponen pada fasa diam. Senyawa yang bersifat mudah menguap (volatil) seperti lemak dan asam lemak, sesuai untuk dianalisis dengan kromatografi gas.

Kromatografi gas dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Berbagai detektor telah dikembangkan untuk kromatografi gas. Kromatografi gas yang dikombinasikan dengan spektrometri massa (GC-MS) akan memberikan informasi yang sangat berguna untuk senyawa-senyawa unknown. Detektor ionisasi nyala (Flame Ionization Detector, FID) adalah detektor yang paling sering digunakan selain detektor spektrometri massa (GC-MS).

Teknik kromatografi diawali dengan penginjeksian sejumlah kecil sampel dalam bentuk cair ataupun gas ke dalam injektor. Sampel akan diubah dalam bentuk gas dan akan terpisah selama melewati kolom karena perbedaan interaksi dengan fase diam selama melewati kolom. Setelah melewati kolom, maka komponen yang sudah terpisah itu akan dideteksi oleh detektor. Detektor spektrometri massa akan memberikan informasi tentang berat molekul dari komponen tersebut dan bentuk fragmentasinya. Penggunaan teknik GC atau GCMS sudah banyak dilaporkan untuk analisis komponen non halal seperti disajikan pada tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Kajian penggunaan GC/GC-MS dalam analisis derivat babi

Jenis Sampel	Topik	Jenis Kemo metrika	Rujukan
Minyak jelantah yang berasal dari babi dan sawit.	Perbedaan asam lemak yang terkandung dalam minyak jelantah babi dan sawit	-	(R. A. Firmansyah, 2015)
Lemak babi, ayam, sapi dan domba	Perbedaan lemak babi, lemak ayam, lemak sapi dan domba	PCA	(Nizar et al., 2013)
Daging sapi, daging babi, campuran	Identifikasi daging babi dalam campuran dengan daging sapi	PCA, PLS-DA	(Pavlidis et al., 2019)
Perisa daging babi	Identifikasi perisa daging babi	-	(Song et al., 2017)
Gelatin kaki ayam, kulit itik dan kulit babi	Karakterisasi gelatin ayam, itik dan babi	-	(Chadijah et al., 2019)
Jaringan lemak sapi dan lemak babi	Perbedaan karakteristik dan profil kedua lemak	-	(Prabawati & Fajriati, 2018)
Sosis	Analisis perbedaan asam lemak babi dalam sosis	-	(A. Guntarti et al., 2020)

Lemak ayam dan lemak babi	Karakterisasi lemak ayam dan babi dengan transesterifikasi	DA	(Ahda et al., 2020)
Lemak babi dalam butter	Deteksi pemalsuan lemak babi dalam butter	PCA	(Fadzillah et al., 2016)
Daging babi asin	Karakterisasi daging babi olahan dengan variasi kadar garam	PCA, PLS-DA	(X. Tian et al., 2020)
Daging babi olahan	Karakterisasi daging babi olahan (dimarinasi)	PLS-DA	(D. Han et al., 2019)

Analisis pemalsuan makanan dengan lemak babi bergantung pada identifikasi dan penentuan karakteristik komponen penyusunnya. Analisis lemak babi dengan GC dilakukan dengan mengamati asam lemaknya yang biasanya dilakukan setelah dilakukan derivatisasi. Analisis komponen penyusun lemak dari berbagai sumber hewan telah dilakukan. Derivatisasi pada asam lemak dilakukan agar dihasilkan metil ester asam lemak sehingga menjadi lebih mudah dalam analisisnya. Prosedur analisis menggunakan GC dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Ekstraksi Lemak dari Sampel

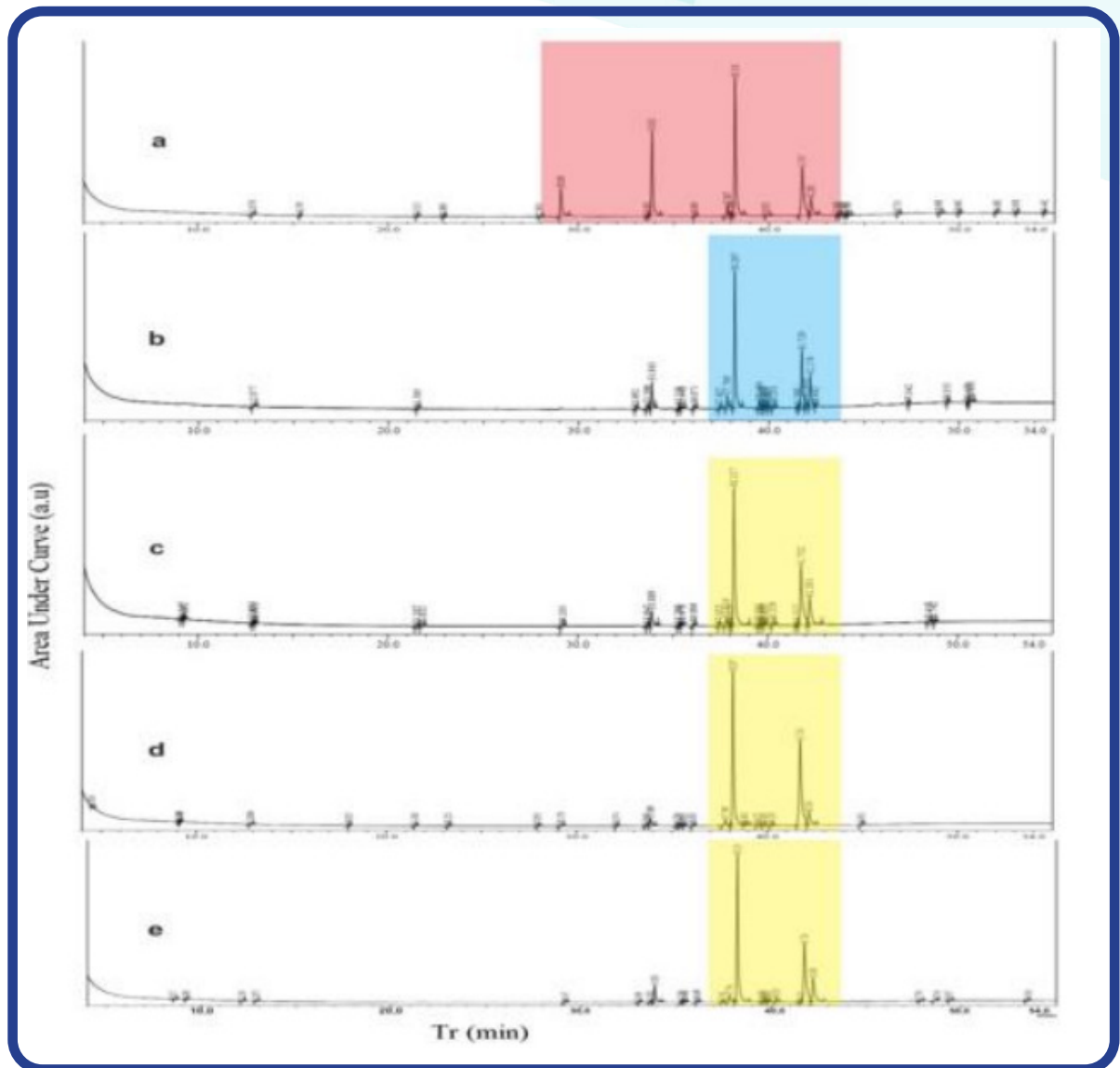
Ekstraksi lemak dilakukan dengan memotong-motong sampel yang akan dianalisis menjadi potongan kecil-kecil dan kemudian dipanaskan pada suhu 50 C menggunakan oven sehingga lemak meleleh. Lemak yang diperoleh dikumpulkan dalam wadah yang bersih setelah ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat untuk menarik air yang tersisa.

2. Derivatisasi (transesterifikasi) Lemak

Sebanyak 50 ul sampel lemak yang diperoleh ditambahkan 1,0 ml n-heksan dan 200 µl larutan NaOCH₃ 0,2N dan dipanaskan selama 10 menit pada suhu 80 C sambil digojok. Larutan NaOCH₃ 0,2N diperoleh dengan mencampurkan NaOH dalam metanol dan ditambah dengan larutan BF₃ sebanyak 1,5 ml dan dipanaskan selama 10 menit. Campuran ditunggu hingga dingin dan ditambah NaCl jenuh sebanyak 1,5 ml untuk mengendapkan natrium gliserolat, kemudian divortex selama 10 menit. Supernatan yang mengandung derivat asam lemak metil ester (Fatty Acid Methyl Ester, FAME) diambil dan diinjeksikan ke sistem kromatografi gas.

3. Analisis Data

Analisis kemometrika PCA dapat digunakan untuk mengelompokkan data yang diperoleh dari analisis GC-MS. Hasil analisis menggunakan kromatografi gas dapat dilihat pada gambar 12.



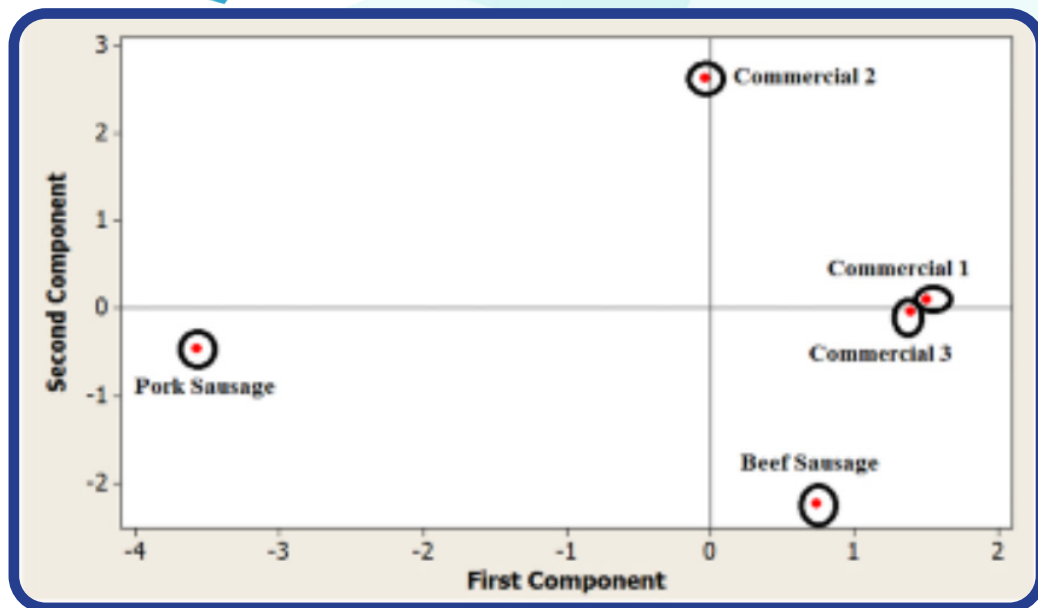
Gambar 12. Kromatogram (a) sampel sosis babi, (b) sosis sapi, (c) sosis sampel dari pasaran 1, (d) sosis sampel dari pasaran 2, (e) sosis sampel dari pasaran 3 (Guntarti et al., 2020)

Komposisi asam lemak yang diperoleh pada analisis menggunakan GC dapat dibandingkan secara kuantitatif dan disajikan pada tabel 12 di bawah ini. Hasil menunjukkan bahwa komposisi asam lemak berbeda-beda pada tiap jenis sampel. Sosis daging babi mengandung asam miristat 22,24%, sementara sosis daging sapi hanya mengandung 7,66% asam miristat. Sosis sampel di pasaran 1, 2 dan 3 berturut-turut mengandung asam miristat sebanyak 4,71%; 2,2%; dan 5,37%. Perbedaan yang cukup signifikan juga terlihat pada komponen asam palmitate dan asam oleat.

Tabel 12. Komposisi asam lemak metil ester (FAME) dalam sosis

Waktu Referensi	Asam Lemak	Nama Asam Lemak	Sosis Babi	Sosis Sapi	Sosis Sampel 1	Sosis Sampel 2	Sosis Sampel 3
29,063	C12:0	Asam laurat	8,46	-	-	-	-
33,852	C14:0	Asam miristat	22,24	7,66	4,71	2,2	5,37
36,071	C15:0	Asam penta-dekanoat	0,1	1,06	0,68	0,23	0,7
37,807	C16:1	Asam palmitoleat	3,2	3,71	2,19	2,26	2,53
38,218	C16:0	Asam palmitat	37,75	42,31	45,99	47,29	46,79
40,234	C17:0	Asam heptadekanoat	0,15	0,97	0,9	0,3	0,95
41,736	C18:1	Asam oleat	25,29	20,19	27,55	38,08	27,65
42,202	C18:0	Asam stearat	6,56	10,92	12,81	6,1	11,71

Analisis kemometrika dengan PCA menunjukkan hasil seperti disajikan pada gambar 13. Hasil scoreplot asam lemak menunjukkan bahwa sosis daging babi dan sosis daging sapi terpisah kuadran karena memiliki komponen yang berbeda di antara mereka. Sosis sampel komersial 2 berada di kuadran yang berbeda dengan kuadran sosis daging babi maupun sosis daging sapi, ini menunjukkan bahwa sosis sampel komersial 2 tidak dibuat dari daging sapi atau daging babi. Sedangkan sosis 1 dan 3 terletak di kuadran yang sama dengan sosis daging sapi. Hal ini menunjukkan bahwa sosis komersial no 1 dan 3 memiliki kandungan daging sapi.



Gambar 13. Scoreplot asam lemak sosis daging babi, sosis daging sapi dan sosis sampel komersial

3.2.3.5. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) atau Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) merupakan salah satu teknik yang sering digunakan untuk analisis dalam bidang makanan. KCKT mampu memisahkan berbagai macam kandungan kimia dalam campuran. KCKT sering digunakan untuk karakterisasi produk-produk makanan ataupun deteksi pemalsuan. KCKT bisa menganalisis senyawa dengan sifat-sifat fisika kimia yang beragam mulai dari senyawa yang bersifat polar, semi polar sampai non polar, dapat juga digunakan untuk senyawa yang berbobot molekul tinggi ataupun rendah.

Kemampuan KCKT dalam pemisahan bisa dimodifikasi dengan penggantian fasa diam dan fasa geraknya agar memberikan pemisahan dengan profil yang baik. Selain itu, untuk meningkatkan sensitivitasnya, senyawa yang dipisahkan bisa dilakukan derivatisasi. Kemampuan KCKT dalam pemisahan ditingkatkan dengan modifikasi instrument seperti pada Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) yang mampu melakukan analisis lebih cepat dengan kemampuan pemisahan lebih baik. Sistem deteksi juga dikembangkan dengan menggabungkan dengan spektrometri massa (MS) yang dikenal dengan LC-MS/MS sehingga bisa digunakan untuk identifikasi senyawa unknown. Teknik HPLC telah banyak digunakan untuk analisis non halal seperti disajikan pada tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Penggunaan HPLC untuk analisis non-halal

Jenis Sampel	Topik	Jenis Kemometrika	Rujukan
Bakso	Identifikasi daging babi dalam bakso	PCA	(Ahda et al., 2016)
Daging babi	Autentikasi campuran daging babi dan daging kuda	-	(Von Bargen et al., 2014)
Butter	Autentikasi pemalsuan lemak babi dalam butter	-	(Fadzillah et al., 2017)
Minyak sayur dan lemak babi	Membedakan lemak babi dalam campuran minyak sayur	-	(J.M.N. Marikkar et al., 2005)
Daging olahan	Deteksi daging babi dalam daging olahan	-	(Saeed et al., 1989)
Daging babi, sapi, ayam, domba	Membedakan daging babi, sapi, ayam dan domba berdasarkan asam amino	-	(Jorfi et al., 2012)
Daging babi	Membedakan daging babi dan 15 spesies hewan lain	-	(Chou et al., 2007)
Gelatin	Membedakan felatin babi dan gelatin lain	PCA	(Nemati et al., 2004)
Gelatin	Beberapa metode analisis gelatin	-	(Raja Nhari et al., 2012)
Butter	Prosedur analisis pemalsuan lemak pada butter	-	(Naviglio et al., 2017)
Lemak babi dan lemak hewan	Membedakan lemak babi dan lemak hewan lain	PCA	(A. Rohman et al., 2012)

Analisis menggunakan HPLC dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Penyiapan Sampel

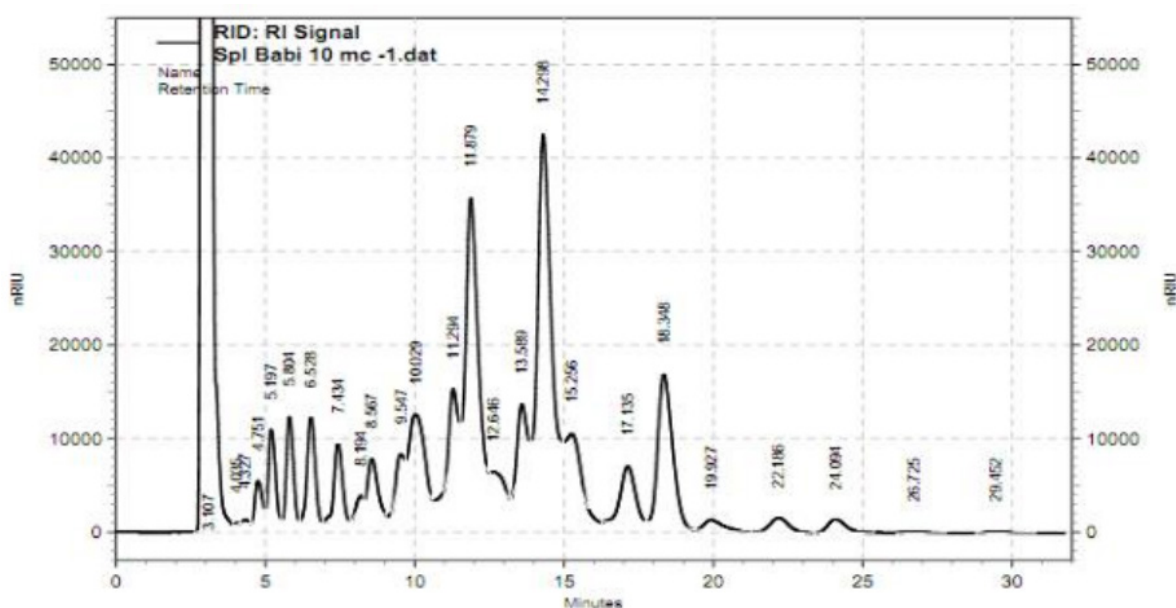
Penyiapan sampel dilakukan dengan mengambil lemak dari sampel yang akan dianalisis. Sampel dipotong kecil-kecil dan dipanaskan dalam oven pada suhu 80-100 C selama 10 menit. Lemak yang sudah meleleh dikumpulkan dan dihilangkan dari tapak-tapak air dengan pemberian Na₂SO₄ anhidrat.

2. Analisis HPLC

Analisis dilakukan dengan fase gerak aceton-acetonitril (83,5:36,5) dan kecepatan alir 1 ml/menit. Volume injeksi 10 μ L.

3. Analisis Statistik

Analisis dengan Principal Component Analysis (PCA) dapat digunakan untuk membantu membedakan komponen-komponen yang ada di dalam sampel.



Gambar 14. Profil kromatogram TAG lemak babi yang dianalisis dengan HPLC dan detektor refractive index (A. Rohman et al., 2012)

Time retention	TAG	Animal fats				
		Lard	Chicken	Beef	Lamb	Cod liver oil
4.33	LLLn	0.19 ± 0.08	0	0	0.28 ± 0.10	0
4.75	LLL	1.80 ± 0.42	3.48 ± 0.23	4.00 ± 0.50	4.10 ± 0.89	18.32 ± 1.26
5.19	MOL	3.45 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0	0	0
5.8	OOL	4.56 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.09 ± 0.04	2.95 ± 0.17
6.52	POO	5.39 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.09 ± 0.02	7.04 ± 0.49
7.43	POL	4.26 ± 0.01	0.64 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.07 ± 0.00	1.55 ± 0.08
8.19	PPO	1.49 ± 1.55	5.74 ± 0.07	0.03 ± 0.00	0.08 ± 0.04	3.24 ± 0.18
9.54	MOP	1.12 ± 0.01	3.38 ± 0.05	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.02	3.42 ± 0.05
10.02	PLP	5.13 ± 0.01	8.43 ± 0.09	0.88 ± 0.04	0.34 ± 0.01	3.43 ± 0.14
13.58	OOO	3.29 ± 0.13	8.37 ± 0.10	1.00 ± 0.11	1.03 ± 0.04	5.78 ± 0.45
14.29	POO	21.55 ± 0.08	23.52 ± 0.06	10.76 ± 0.18	9.66 ± 0.25	11.71 ± 0.80
15.25	PLS	2.35 ± 0.04	14.15 ± 0.04	13.51 ± 0.32	7.52 ± 0.08	3.83 ± 0.31
17.13	POP	5.10 ± 0.04	3.09 ± 0.13	0	6.48 ± 0.25	7.34 ± 0.45
18.34	POS	14.08 ± 0.04	5.77 ± 0.01	21.01 ± 0.44	19.44 ± 0.26	1.89 ± 0.06
19.92	PPS	1.27 ± 0.01	1.68 ± 0.01	11.83 ± 0.31	10.56 ± 0.18	4.94 ± 0.21
22.18	SOS	1.71 ± 0.01	0.66 ± 0.01	10.22 ± 0.23	16.12 ± 0.02	2.65 ± 0.30
24.09	PSS	1.49 ± 0.01	0.30 ± 0.00	8.17 ± 0.21	11.42 ± 0.40	2.48 ± 0.10
29.45	SSS	0.17 ± 0.00	0	0	5.19 ± 0.16	0.46 ± 0.25

Each value in the table represents the means of triplicate analysis; SD is given after ±.

Tabel 14. Komposisi TAG pada lemak dari babi, ayam, sapi, kambing dan minyak ikan

Analisis selanjutnya bisa dilakukan dengan analisis PCA untuk mengelompokkan dan membedakan lemak-lemak dari sumber yang berbeda.

3.2.3.6. Polymerase Chain Reaction (PCR)

Polymerase Chain Reaction (PCR) adalah salah satu teknik biologi molekuler yang banyak digunakan dalam autentikasi halal, melalui analisis DNA target yaitu melalui deteksi adanya DNA gen spesifik dari hewan-hewan non halal. Teknik PCR ini memiliki kemampuan karena spesifisitas tinggi dalam mendeteksi DNA target hewan-hewan non halal. Teknik ini juga sangat sensitif karena bisa mendeteksi sampel tertentu dalam jumlah sangat sedikit dan menggandakannya secara eksponensial. Kandungan DNA spesifik spesies masih dapat dideteksi meskipun produknya telah mengalami proses pengolahan yang kompleks karena sifat DNA yang tahan panas. Metode PCR banyak digunakan untuk mendeteksi DNA spesifik spesies tertentu seperti spesifik porcine (hewan babi), bovine (hewan sapi), ovine (hewan domba) atau bahkan spesifik manusia. Metode PCR sudah banyak digunakan untuk autentikasi produk-produk berasal dari hewan seperti disajikan pada tabel 15 di bawah.

PCR digunakan untuk amplifikasi daerah tertentu dari suatu untai DNA (DNA target). Reaksi PCR memerlukan beberapa komponen yaitu:

1. Cetakan DNA yang membawa daerah yang diamplifikasi
2. Dua primer yang komplemen pada ujung 3' pada setiap untai target DNA (strand-sense dan anti-sense)
3. Taq polimerase atau DNA polimerase lainnya yang tahan pada pemanasan
4. Deoksiribonukleosida trifosfat (dNTP; dATP, dGTP, dCTP, dTTP)
5. Larutan buffer yang memberikan lingkungan kimiawi yang cocok supaya reaksi berjalan optimum
6. Kation bervalensi dua, umumnya digunakan Mg^{2+}
7. Kation monovalent, ion kalium (Sudjadi & Rohman, 2016).

Oligonukleotida primer (desain primer) memegang peranan penting untuk spesifisitas maksimal dan efisiensi PCR. Primer yang baik ditentukan oleh beberapa sifat/karakter primer:

1. Panjang Primer

Desain primer yang diperlukan pada PCR adalah sepasang primer yang dikenal dengan forward primer dan reverse primer. Primer yang diperoleh merupakan rangkaian basa nukleotida yang unik. Panjang primer berkisar 18-30 basa, didasarkan pada pertimbangan kombinasi acak yang mungkin ditemukan pada satu urutan genom. Primer dengan panjang lebih dari 30 basa tidak disarankan, karena tidak menunjukkan spesifisitas yang lebih tinggi. Selain itu, primer yang panjang dapat berakibat terhibridasi dengan primer lain sehingga tidak membentuk polimerisasi DNA. Panjang primer yang digunakan pada penelitian berbeda-beda, namun tetap meminimalkan ukuran primer (Kampke et al., 2001).

2. Primer Melting Temperature (T_m)

Primer Melting Temperature (T_m) atau suhu leleh adalah suhu yang diperlukan oleh primer untuk mengalami disosiasi atau lepas ikatan. Suhu leleh primer yang digunakan harus sama untuk memastikan kinerja yang konsisten pada pasangan primer.

3. Primer Annealing Temperature (T_a)

Primer Annealing Temperature (T_a) merupakan suhu yang diperkirakan agar primer dapat berkaitan dengan template (DNA) secara stabil. Suhu annealing yang tinggi akan menyulitkan terjadinya ikatan primer sehingga menghasilkan produk PCR yang kurang efisien. Sebaliknya, suhu annealing yang terlalu rendah menyebabkan terjadinya penempelan primer pada DNA di tempat yang tidak spesifik.

4. Selisih Primer Melting Temperature (ΔT_m)

Pasangan primer sebaiknya tidak memiliki selisih suhu leleh yang tinggi. Pasangan primer dengan selisih suhu leleh yang lebih dari 5°C menyebabkan penurunan proses amplifikasi atau bahkan memungkinkan tidak terjadi proses amplifikasi.

5. GC Content

Aturan umum yang diikuti sebagian besar program desain primer adalah menggunakan persen basa G dan C antara 40% hingga 60%.

6. GC Clamp

Beberapa program mensyaratkan pasangan primer memiliki basa GC pada ujung 3' dari primer. GC Clamp yang dimaksud adalah ujung C, G, CG atau GC, yang diyakini membuat hibridisasi lebih stabil. Namun perlu dihindari lebih dari 3 basa G atau C pada 5 basa terakhir ujung 3' karena ujung 3'-nya bisa melipat membentuk struktur dimer yang mengakibatkan ujung 3' primer tidak terikat pada template.

7. Secondary Structures

Reaksi PCR sebaiknya tidak mengandung secondary structures berupa hairpin atau dimer. Stabilitas secondary structure ditentukan oleh energi bebas (ΔG) dan suhu lelehnya. Hal ini menyebabkan primer tidak dapat menempel dengan template DNA. Hairpin adalah struktur yang dibentuk oleh basis pasangan asam polinukleat antara urutan komplementer untai tunggal baik DNA maupun RNA. Terbentuknya struktur loop atau hairpin pada primer sebaiknya dihindari, namun sangat sulit untuk memperoleh primer tanpa memiliki struktur hairpin. Primer yang berikatan dengan primer lainnya yang sejenis disebut dengan self-dimer. Self-dimer pada ujung 3' dengan $\Delta G = -5$ kcal/mol dan selfdimer pada bagian internal dengan $\Delta G = -6$ kcal/mol masih dapat ditoleransi. Primer yang berikatan dengan primer pasangannya (reverse dan forward) disebut dengan CrossDimer. Cross-dimer pada ujung 3' dengan $\Delta G = -5$ kcal/mol dan self-dimer pada bagian internal dengan $\Delta G = -6$ kcal/mol masih dapat ditoleransi.

8. Self-Complementary (SC) dan Pair-Complementary (PC)

Selain secondary structures, complementary pada primer dan pasangan primer juga harus dihindari. Self complementary dapat menyebabkan struktur hairpin yang stabil hanya dengan 4 pasangan basa GC pada ujung maupun bagian tengah primer. Primer harus berisi kurang dari 4 basa komplementer, terutama pada ujung 3'. Pair complementary terutama pada ujung 3' primer dapat menyebabkan struktur dimer.

9. Repeats and Runs

Perulangan yang cukup panjang dengan basa sama (lebih dari tiga basa berurutan sama, misal basa AGCGGGGGATG memiliki 5 basa berurutan G) harus dihindari karena dapat menyebabkan terjadinya breathing pada primer dan mispriming sehingga proses penempelan primer menjadi sulit. Primer sebaiknya juga tidak memiliki urutan pengulangan dari 2 basa dan maksimum pengulangan 2 basa sebanyak 4 kali masih dapat ditoleransi. Misalnya ATATATAT. Hal ini juga menyebabkan terbentuknya struktur hairpin.

10. Specificity (Keunikan)

Primer merupakan rangkaian basa nukleotida yang berasal dari template atau DNA target. Primer yang baik adalah rangkaian basa nukleotida yang unik pada template tersebut sehingga tidak terdapat pada sequence atau lokasi lain pada template. Bahkan sebaiknya untuk menghindari cross homologi, primer dilakukan analisis melalui BLAST-NCBI untuk mengetahui bahwa primer yang digunakan benar-benar unik dan tidak menempel pada organisme lain.

11. Product Length

Jarak antara ujung 5' kedua primer dikenal dengan istilah amplicon atau product length. Pada umumnya, product length yang digunakan adalah <2000 basa.

Metode PCR adalah metode amplifikasi urutan fragmen DNA tertentu secara in-vitro menggunakan sepasang primer (oligonukleotida) yang komplementer dengan urutan cetakan DNA tertentu dengan bantuan enzim DNA polimerase. Tiga tahap utama dalam PCR yaitu:

- a. Ekstraksi DNA
Isolasi DNA dari dalam sel atau matriks sampel dan dipurifikasi untuk menghilangkan pengotor atau kontaminan DNA.
- b. Amplifikasi DNA
Perbanyak fragmen DNA yang menjadi penanda yang unik bagi spesies yang dideteksi menggunakan primer DNA target.
- c. Analisis post-PCR
Analisis hasil amplifikasi PCR dengan membaca chart pada mesin realtime PCR atau analisis menggunakan gel elektroforesis pada endpoint PCR (Husni et al., 2017).

Analisis hasil PCR menggunakan elektroforesis dilakukan pada PCR konvensional. Analisis kuantitatif hasil amplifikasi secara real time bisa dianalisis dengan real time PCR (RT-PCR atau q-PCR). RT-PCR merupakan suatu pendekatan kinetik dengan melihat reaksi pada tahap awal yang masih linear. Alat RT-PCR dilengkapi dengan 96 sumuran sampel yang dapat dianalisis secara bersamaan. RT-PCR dilengkapi dengan kamera untuk memonitor fluoresensi pada setiap sumuran pada interval waktu tertentu selama proses amplifikasi. Alat akan menampilkan hubungan linear antara jumlah DNA dengan jumlah siklus pada grafik semi logaritmik, dimana progresnya akan bisa dipantau secara real time.

Tabel 15. Autentikasi produk menggunakan PCR

Jenis Sampel	Topik Riset	Teknik PCR	Target gen	Referensi
Sosis	Deteksi daging babi dan daging babi hutan dalam sosis ayam	RT-PCR	NK-ND1-Ssc1	(Hikmah et al., 2020)
Soft candy	Deteksi gelatin babi pada soft candy	PCR-RFLP	Cyt B	(Wardani & Widyastuti, 2016)
Daging ayam	Deteksi kontaminasi daging babi pada daging ayam	Duplex PCR	Cyt B	(Hertanto et al., 2017)
Bakso sapi	Analisis cemaran babi pada bakso sapi	PCR	D-Loop22	(Wahyuni et al., 2019)
Lipstik	Deteksi DNA babi pada lipstick	PCR	Cyt B	(Munir et al., 2019)
Daging sapi	Target spesifik sapi	RT-PCR	Cyt B	(Salamah et al., 2019b)
Krim matcha jepang, coklat belanda, sosis babi	Deteksi DNA babi pada beberapa produk pangan	RT-PCR	FAM VIC	(Rahmania et al., 2021)
Abon	Kontaminasi daging babi dalam abon	RT-PCR	D-Loop22	(R. Rahmawati et al., 2016)
Daging babi	Identifikasi daging babi di daging kambing, sapi	PCR-RFLP	Cyt B	(Erwanto et al., 2012)
Daging olahan	Identifikasi cemaran daging babi dalam daging olahan	Multiplex PCR	Cyt B	(Indriati & Yuniarsih, 2019)

Prosedur pengujian dengan PCR dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Desain Primer Spesifik

Desain primer spesifik ini bertujuan untuk mendapatkan primer yang memiliki spesifisitas tinggi dan efisiensi amplifikasi yang baik. Pada PCR diperlukan sepasang primer (forward dan reverse) untuk membatasi daerah yang ingin diamplifikasi. Primer berfungsi sebagai pembatas fragmen DNA target yang akan diamplifikasi. Desain primer bisa dilakukan dengan software NCBI-primer BLAST dengan memasukkan kriteria-kriteria yang diinginkan.

2. Isolasi DNA

Isolasi DNA dilakukan dengan menggerus sejumlah sampel (lebih kurang 200 mg) dengan mortar dan kemudian dimasukkan dalam microtube. Buffer lisis sebanyak 700 μ l ditambahkan ke dalam microtube dan kemudian ditambahkan 10 μ l proteinase-K. Campuran kemudian dihomogenkan dengan alat vortex dan diinkubasi dalam waterbath pada 65°C selama 2 jam dan kemudian divortex sampai hancur. Larutan fenol-KIAA 1:1 ditambahkan pada microtube. Sampel kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 5 menit dan menghasilkan 2 lapisan dalam tiap sampel. Supernatan pada lapisan atas dikumpulkan dan ditempatkan dalam microtube baru dan kemudian tambahkan dengan 2-propanol dengan perbandingan volume 1:1. Campuran diinkubasi dalam freezer sampai 15 jam dan kemudian disentrifugasi lagi pada kecepatan 12.000 rpm selama 5 menit. Selanjutnya DNA akan terlihat mengendap pada dasar microtube. Supernatan selanjutnya dibuang. Sejumlah 500 μ L etanol 70% ditambahkan ke dalam microtube dan disentrifugasi 12.000 rpm, 5 menit. Pelet DNA yang diperoleh dipisahkan dan dilarutkan dalam 100 μ L buffer TE, dihomogenkan. DNA hasil isolasi disimpan dalam freezer.

3. Uji kemurnian DNA

DNA hasil isolasi dianalisis kemurniannya dengan mengukur serapannya pada panjang gelombang 260 dan 280 nm. Larutan DNA hasil isolasi sebanyak 20 μ L ditambahkan 980 μ L air WFI dan ukur serapannya menggunakan spektrofotometri pada 260 nm dan 280 nm. Rasio A₂₆₀/A₂₈₀ pada larutan DNA yang murni akan mempunyai nilai 1,8-2,0. Nilai rasio A₂₆₀/A₂₈₀ yang kurang dari 1,8 menunjukkan adanya kontaminasi fenol dan pelarut yang banyak. Rasio A₂₆₀/A₂₈₀ yang lebih besar dari 2,0 menunjukkan adanya kontaminasi protein. Konsentrasi DNA dihitung dengan mengalikan serapan pada 260 nm dengan konstanta (50 μ g/ml) dan faktor pengenceran (Sambrook & Russell, 2006).

4. Analisis RT-PCR

Analisis PCR dilakukan dengan campuran 10 μ L SYBR Green Universal PCR master mix, 1 μ L primer forward dan reverse, 1 μ L DNA template (50 ng) dan 7 μ L air bebas nuklease. Temperatur diset 95°C selama 30 detik, kemudian tahap denaturasi dilakukan pada 95°C 30 siklus. Penempelan primer dilakukan pada 72°C selama 10 detik. Kurva melting dibuat pada 60-90°C dengan slope 0,5°C/ 2 detik (Salamah et al., 2019). Primer spesifik yang bisa digunakan untuk analisis daging babi adalah (5'-CGGAACAGACCTCGTAGAATG-3' (forward) dan 5'-GGTAATGATGAATGGCAGGATAAAG-3' (reverse) dapat mengamplifikasi DNA mitochondrial Cyt B. Primer ini telah divalidasi dengan parameter-parameter validasi sensitivitas, linearitas, batas deteksi dan repeatabilitas. Hasil uji menunjukkan nilai efisiensi € 417,4% dan nilai R 0,908. Uji repeatability menunjukkan Koefisien variasi (CV) sebesar 0,57% (Salamah et al., 2019a).

3.2.3.7. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

ELISA (Enzyme-linked Sorbent Assay) merupakan suatu teknik serologis yang didasarkan pada reaksi antara antigen (suatu protein spesifik atau polisakarida) dan antibodi yang bertujuan untuk menganalisis adanya reaksi antigen dengan antibodi dengan menggunakan enzim sebagai perantara. Metode ELISA telah banyak digunakan untuk alat diagnosa dalam kesehatan dan kontrol kualitas berbagai produk industri. Komponen dalam ELISA setidaknya ada:

- a. Suatu antibodi spesifik untuk antigen tertentu.
- b. Sampel yang diduga mengandung antigen tertentu yang diimobilisasi pada lapisan (piring) tertentu. Jika antigen dan antibodi diinteraksikan, maka akan membentuk kompleks. Antibodi ini dapat diikat dengan suatu antibodi yang berbeda (antibodi sekunder) yang dapat berikatan dengan enzim.

ELISA memiliki 4 teknik yaitu sebagai berikut:

1. Direct ELISA

Digunakan untuk mengukur konsentrasi antigen pada sampel. Direct ELISA mendeteksi antigen dengan cara mengikat antigen dengan antibodi yang telah dilabel secara langsung dengan enzim. Reaksi pengikatan tersebut terjadi secara spesifik (Ausubel, 2003). Direct ELISA memiliki keuntungan diantaranya lebih cepat karena prosedur dan reagen yang dibutuhkan lebih sedikit (Elisa, 2017).

2. Indirect ELISA

Banyak digunakan untuk mengukur konsentrasi antibodi. Enzim diikat pada antibodi sekunder yang berikatan dengan antibodi primer. Antibodi sekunder biasanya adalah antispesies antibodi dan sering dipakai antibodi poliklonal. Indirect ELISA memiliki keuntungan diantaranya sensitivitasnya tinggi dan lebih hemat karena membutuhkan antibodi berlabel yang lebih sedikit (Elisa, 2017).

3. Sandwich ELISA

Dicirikan oleh antibodi penangkap antigen yang diikat pada fase padat. Teknik tersebut terdiri dari dua macam, yaitu direct sandwich ELISA dan indirect sandwich ELISA. Antibodi penangkap pertama kali diletakkan ke dalam well kemudian antigen dari darah atau urin ditambahkan ke dalam well sehingga berikatan dengan antibodi penangkap. Jika ke dalam well langsung ditambahkan antibodi detektor yang telah dilabel enzim maka disebut dengan direct sandwich ELISA sedangkan apabila ditambahkan antibodi detektor yang tanpa dilabel enzim terlebih dahulu disebut dengan indirect sandwich ELISA (Berg 2002). Prosedur ini memiliki keuntungan diantaranya spesifitasnya tinggi, dapat digunakan untuk sampel kompleks dan sensitif (Elisa, 2017).

4. Competitive ELISA

Adalah teknik paling kompleks yang digunakan untuk mengukur konsentrasi antigen atau antibodi dalam sampel dengan mengobservasi campur tangan pada output sinyal yang diinginkan. Teknik ini sering digunakan ketika hanya ada satu antibodi tersedia untuk antigen yang diinginkan atau ketika sampel sedikit dan tidak dapat diikat oleh dua antibodi yang berbeda (Elisa, 2017).

Pengamatan hasil ELISA dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif. Hasil ELISA secara kuantitatif dapat diamati dari nilai optical density (OD) yang diukur dengan menggunakan ELISA reader. Hasil kuantitatif diinterpretasikan dalam perbandingan dengan kurva standar (purifikasi antigen) agar dapat secara tepat digunakan untuk menghitung konsentrasi antigen dalam berbagai sampel (Elisa, 2017). Hasil ELISA secara kualitatif dapat diamati dengan adanya perubahan warna menjadi kuning pada reaksi pengujian jika sampel yang diuji mengandung antigen. Semakin tinggi intensitas warna yang terbentuk, maka semakin tinggi pula konsentrasi antigen pada sampel tersebut (Miller, 2006). Data ELISA biasanya digambarkan dengan nilai optical density (OD) dan konsentrasi log untuk menghasilkan kurva sigmodial. Hal ini dapat dilakukan dengan menggambar grafik langsung atau dengan software Microsoft Excel curve fitting yang ada pada ELISA reader (Elisa, 2017). Metode ELISA telah banyak digunakan untuk autentikasi seperti disajikan pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Kajian penggunaan ELISA untuk autentikasi

Jenis Sampel	Topik	Jenis ELISA	Batas deteksi	Rujukan
Daging babi ternak dan babi hutan mentah dan olahan dalam daging sapi	Identifikasi dan menganalisis penambahan daging babi ternak dan babi hutan baik yang mentah (raw) maupun yang diolah (cooked) di dalam pangan asal hewan berbahan dasar daging sapi	Sandwich ELISA	0,25%	(Cahyaningsari et al., 2019)
Daging babi	Identifikasi pemalsuan daging babi	Extracted IgG ELISA	0,01%	(Mandli et al., 2018)
Daging babi mentah, daging sapi sirloin, daging sapi siap saji, daging ayam, dada kalkun dan kaki domba panggang.	Identifikasi pemalsuan dan kontaminasi daging babi dalam beberapa jenis daging hewan lainnya.	Sandwich ELISA	0,1%	(Thienes et al., 2018)
Daging babi	Identifikasi pemalsuan dan kontaminasi daging babi dalam beberapa jenis daging hewan lainnya	ELISA	0,1%	(Thienes et al., 2018)

Bakso	Pencampuran daging babi dalam bakso	ELISA	-	(Roostita & Lengkey, 2014)
Daging babi	Deteksi campuran daging babi dalam produk daging sapi yang dimasak	ELISA	-	(Chen & Hsieh, 2000)

3.2.3.8. Pembau Elektronik (Electronic-Nose)

Autentikasi menggunakan pembau elektronik dikembangkan dengan meniru fungsi hidung manusia yang mana di dalamnya dijumpai berbagai reseptor pengidentifikasi aroma. Reseptor-reseptor ini fungsinya digantikan oleh sensor pada Electronic-Nose. Zat-zat yang dianalisis dengan E-Nose ini harus mempunyai sifat mudah menguap (volatile). Dengan sedikit pemanasan zat ini akan bisa diubah menjadi uap dan dialirkan ke sensor yang menangkap dan mengubahnya menjadi sinyal spesifik yang berbeda untuk masing-masing zat.

Sistem pembau elektronik ini sudah dikembangkan pada analisis pangan, antara lain analisis formalin dalam produk-produk perikanan teknologi gugus sensor gas quartz micro-balances yang dikombinasikan dengan principal component analysis (PCA) (Mulyadi & Arsianti, 2012). Pembau elektronik juga dikembangkan untuk mendeteksi kesegaran produk daging dan ikan menggunakan sensor oksida logam yang dikombinasikan dengan PCA. Hasil menunjukkan korelasi positif dengan kandungan mikroba pada produk tersebut (X.-Y. Tian et al., 2012).

Sistem instrumentasi E-Nose menyerupai kromatografi gas, tetapi dengan sistem detektor yang berbeda. Sampel dipanaskan sehingga terbentuk uap yang selanjutnya dialirkan ke dalam kolom kapiler. Dalam kolom kapiler ini terjadi pemisahan dan selanjutnya setelah terpisah, senyawa ini akan dideteksi oleh sistem detektor tertentu dan dihasilkan suatu kromatogram yang dapat diubah menjadi VaporPrint™. Untuk memudahkan analisis, data yang diperoleh sering digabungkan dengan kemometrika. Kajian penggunaan E-Nose untuk autentikasi halal telah banyak dilakukan seperti disajikan pada Tabel 17 berikut ini

Tabel 17. Kajian penggunaan pembau elektronik untuk autentikasi halal

Jenis Sampel	Topik	Jenis Kemometrika	Rujukan
Daging babi, daging sapi	Identifikasi pemalsuan daging sapi menggunakan daging babi	PCA	(F. Han et al., 2020)
Campuran daging babi dan sapi	Identifikasi pemalsuan daging babi dalam daging sapi	-	(Sarno et al., 2020)

Daging babi	Identifikasi daging babi	PCA	(X.-Y. Tian et al., 2012)
Daging babi	Identifikasi daging babi dalam sosis sapi, daging domba dan daging sapi	PCA	(Nurjuliana et al., 2011)

Desain sistem pembau elektronik menjadi suatu alat (device) yang sederhana untuk autentikasi senyawa haram telah berhasil dilakukan menggunakan beberapa sensor gas (Kadafi & Putra, 2021). Desain sistem pembau elektronik yang dikembangkan oleh (Kadafi & Putra, 2021) menggunakan 6 sensor gas yaitu MQ2, MQ4, MQ5, MQ7, MQ9 dan MQ135 yang digabungkan dengan microcontroller. Respon yang diperoleh dianalisis menggunakan Principal Component Analysis (PCA). Pengembangan sistem sensor juga telah dilakukan sebelumnya (Sarno et al., 2020). Simplifikasi menjadi suatu bentuk device yang sederhana akan sangat memudahkan untuk autentikasi produk.

IV Riset Sains Halal untuk Publikasi Jurnal Berimpak Tinggi

Perkembangan industri halal yang sangat cepat perlu didukung dengan riset di bidang sains halal (halal science research). Terdapat tiga aspek yang perlu mendapat perhatian untuk diteliti para saintis yang mendalami bidang sains halal yaitu bahan halal, proses halal dan teknik autentikasi. Selain itu, publikasi di jurnal-jurnal berimpak tinggi perlu terus didorong agar industri halal dapat terus berkembang dengan baik dan berkelanjutan (sustainable) .

Para saintis yang ingin mendalami bidang sains halal, bisa mengembangkan risetriset-nya berdasarkan situasi permasalahan yang ada dan dengan contoh-contoh teknologi yang pernah digunakan dalam riset sains halal. Beberapa contoh isu-isu riset di bidang sains halal untuk jurnal berimpak tinggi yaitu sebagai berikut:

4.1. Investigasi Biomarker Babi dalam Makanan Terkontaminasi untuk Autentikasi Halal Menggunakan Instrumen Berbasis Sinar (Rays)

4.1.1. Latar Belakang

Penentuan keaslian makanan dan deteksi pemalsuan merupakan isu utama dalam industri makanan-minuman dan menimbulkan kekhawatiran di kalangan konsumen serta menjadi perhatian khusus diantara para produsen makanan. Masalah utama dari keaslian makanan yaitu menyangkut pelabelan makanan yang benar dan sesuai, mengingat penggantian bahan baku bernilai tinggi dengan bahan yang lebih murah adalah praktik yang umum berlaku. Hal ini terutama berlaku untuk produk bernilai tambah, di mana substitusi bahan yang lebih murah memiliki potensi imbalan finansial yang lebih tinggi.

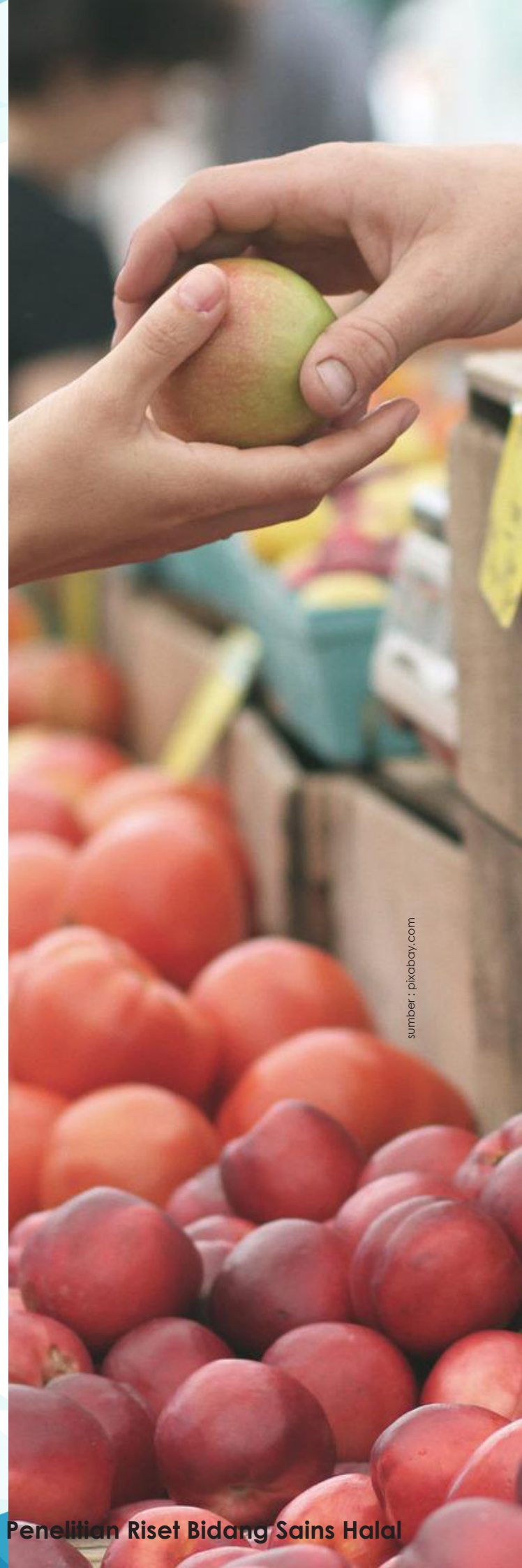
Di beberapa negara, produsen makanan memilih untuk mencampur minyak nabati dengan lemak babi untuk mengurangi biaya produksi karena lemak babi adalah lemak termurah saat ini dan umumnya tersedia untuk industri makanan minuman. Lemak babi yang dicampur langsung atau lemak babi yang dimodifikasi secara industri dapat secara efektif dicampur dengan minyak nabati lainnya untuk menghasilkan shortening, margarin dan minyak makanan khusus lainnya.

Saat ini, banyak konsumen khawatir tentang daging yang mereka konsumsi, sehingga pelabelan yang akurat sangat penting untuk menginformasikan pilihan konsumen. Kesadaran konsumen terhadap produk yang akan dikonsumsi semakin meningkat, karena konsumen harus mengetahui informasi yang akurat tentang bahan produk sebelum melakukan keputusan pembelian.

Pilihan satu produk di antara produk yang lain dapat mencerminkan aspek seperti aspek gaya hidup (misalnya vegetarianisme dan makanan organik), aspek agama/spiritual (misalnya tidak adanya kandungan daging babi dalam beberapa jenis makanan), as-

pek diet atau alasan/masalah kesehatan (misalnya tidak adanya alergen). Selain itu, pelabelan yang akurat penting untuk mendukung transaksi perdagangan/jual-beli yang adil dan transparan. Label dengan informasi deskriptif dapat ditambahkan sebagai konsekuensi dari branding, pemasaran produk, dan peraturan. Ketika peraturan yang ditetapkan dalam hukum nasional dan internasional mendukung regulasi atau kewajiban akan suatu label informasi maka diharapkan regulasi/peraturan tersebut dapat mencegah terjadinya unsur penipuan terhadap makanan-minuman di tengah masyarakat. Untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan untuk menegakkan aturan maka diperlukan tes analitis yang kuat (*robust*). Misalnya prevalensi penipuan atau pencampuran daging babi (khususnya lemak babi) saat ini masih menjadi isu atau permasalahan di tengah masyarakat yang harus segera dicari solusinya. Namun, permasalahan atau isu terkait dengan pelabelan produk makanan dan terjadinya beberapa kejadian pencampuran/pengoplosan daging hewan babi ke dalam produk daging hewan halal membuat autentikasi analitis menjadi sangat krusial dan relevan.

Produk daging sendiri paling banyak di konsumsi masyarakat dan banyak ditemukan di pasar tradisional. Dalam banyak kasus, substitusi daging sapi dalam formulasi produk daging dengan daging yang non-halal seperti daging babi sering ditemukan dengan tujuan mengambil keuntungan dari mekanisme persaingan pasar dan sebagian besar sebagai motif untuk mendapatkan keuntungan secara ekonomi. Dalam hukum di ajaran agama Islam dan ajaran agama lain seperti Yahudi dan Kristen Advent, keberadaan babi atau turunannya dalam produk makanan-minuman merupakan isu/permasalahan yang serius karena babi adalah hal yang dilarang seperti misalnya yang tertulis di kitab suci umat Islam Al Qur'an Surah Al-Baqarah ayat 173 dan Surah An Nahl ayat 115.



sumber: pixabay.com

4.1.2. Signifikansi

Sejumlah metode analisis telah diusulkan untuk analisis daging babi dan/atau lemak babi, seperti electronic-nose yang digabungkan dengan gas chromatography-mass spectrometry (Nurjuliana M., et al. 2011), Fourier transforms infrared spectroscopy (Rohman A., et al. al. 2011), uji imunosorben terkait-enzim (Asensio L., et al. 2008), PCR (reaksi berantai polimerase)-elektroforesis (Che Man YB, et al. 2012), PCR-RFLP (Polimorfisme panjang fragmen restriksi) (Ali ME, et al. 2011), TaqMan_ probe real time PCR (Kopel L., et al. 2011), PCR molekuler beacon real time (Yusop MHM, et al. 2012), SYBR_ green real-time PCR (Farrokhi R., et al. 2011), dan sensor nano-partikel digabungkan dengan spektroskopi optik atau fluoresensi (Ali ME, et al. 2011 & 2012). Near-infrared spectroscopy (NIRS) telah terbukti menjadi alat yang cepat dan efektif dalam analisis kualitas daging untuk berbagai macam produk dan parameter (Monin G., et al. 1998). Dalam banyak literatur, alat tersebut dapat ditemukan untuk prediksi profil asam lemak dalam berbagai produk, seperti minyak nabati (Sato T., et al. 2012), minyak ikan (Cozzolino D., et al. 2005), daging kelinci (Pla M., et al. 2017), daging sapi (Realini CE, et al. 2004 & Sierra V., et al. 2008) dan kuning telur (Dalle Zotte A., et al. 2006). Penggunaan NIRS pada analisis pemalsuan daging babi dalam daging olahan atau daging cincang, penggunaan NIRS untuk membedakan antara daging kanguru dan daging sapi (Ding HB, et al. 1999), potongan daging ayam (Fumierra O., et al. 2000), campuran domba dan sapi (Downey G., et al. 2000) dan antara daging sapi, ayam dan babi. (Kuswandi B. et al., 2015).

Semua alat tersebut membutuhkan biaya yang mahal karena harus digunakan di laboratorium dan memerlukan beberapa perlakuan sampel. Selain itu, alat tersebut memerlukan waktu mendeteksi yang lama. Saat ini, menggunakan alat portabel dengan sinar (rays) untuk mendeteksi sampel makanan halal belum jamak dilakukan. Alat pendeteksi dengan sinar memiliki banyak kelebihan selain pendeteksian yang cepat dan murah juga dapat dilakukan secara langsung dan tanpa menyentuh makanan serta tidak memerlukan perlakuan sampel.

Alat portabel dengan berbasis sinar seperti teknik Spektroskopi, khususnya spektroskopi infrared (IR) dan nuclear magnetic resonance (NMR) serta spektrofotometri UV-Vis, banyak digunakan dalam otentikasi makanan. Mereka sering dikombinasikan dengan kemometrik yang sebenarnya merupakan disiplin kimia yang menggunakan metode matematika dan statistik untuk memberikan informasi kimia maksimum dengan menganalisis data kimia. Pilihan metode tergantung terutama pada sifat kimia dan keadaan fisik sampel, pengetahuan sebelumnya dan skala waktu yang diperlukan untuk hasil. Sifat kimianya adalah sebagai biomarker.

Biomarker berasal dari peningkatan pengetahuan tentang mekanisme biologis yang mendasari sifat yang menarik secara ekonomi. Biomarker sering tetapi tidak selalu merupakan bagian dari mekanisme biologis dan seringkali merujuk pada molekul atau tingkat molekul. Biomarker dapat berupa molekul jenis apa pun, misalnya RNA, protein, metabolit, atau dapat terdiri dari profil beberapa molekul. Seringkali tingkat biomarker dikaitkan dengan aspek kuantitatif dari sifat tersebut.



Biomarker adalah indikator seperti gen atau molekul yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi status dan fase proses biologis dengan cepat dan mudah. Jadi biomarker memberikan informasi tentang status dan fase proses biologis yang mendasari sifat-sifat tertentu. Informasi ini dapat digunakan untuk memodulasi proses deteksi dan dengan demikian mengoptimalkan nilai ekonomi dari sifat-sifat tersebut. Deteksi biomarker dapat mengaktifkan proses di seluruh rantai yang dapat di robotisasi dan terkomputerisasi, sehingga menciptakan manfaat ekonomi bagi semua peserta dalam rantai.

Mengingat pentingnya informasi biomarker, maka diperlukan penelitian yang luas terhadap biomarker babi seperti identifikasi struktur biomarker, bioinformatika biomarker, pemodelan biomarker, studi stabilitas biomarker dan identifikasi biomarker pada sampel yang belum diketahui. Penyelidikan ini di masa depan dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel yang tidak diketahui dalam makanan yang terkontaminasi menggunakan instrumen portabel berbasis sinar. Oleh karena itu, penelitian tentang ini untuk menyelidiki biomarker babi pada makanan yang terkontaminasi untuk autentikasi halal menggunakan instrumen berbasis sinar (rays)



4.1.3. Investigasi Biomarker Babi

4.1.3.1. Analisis Bioinformatika

Bioinformatika adalah bidang interdisipliner yang mengembangkan metode dan perangkat lunak untuk memahami data biologis. Sebagai bidang ilmu interdisipliner, bioinformatika menggabungkan ilmu komputer, statistik, matematika dan rekayasa untuk menganalisis dan menafsirkan data biologis.

Bioinformatika adalah istilah umum untuk bidang ilmu biologi yang menggunakan pemrograman komputer sebagai bagian dari metodologi, serta referensi untuk analisis spesifik “pipelines” yang berulang kali digunakan, terutama di bidang genetika dan genomik. Penggunaan umum bioinformatika termasuk identifikasi kandidat gen dan nukleotida (SNPs). Seringkali, identifikasi semacam itu dibuat dengan tujuan untuk lebih memahami dasar genetika penyakit, adaptasi unik, sifat yang diinginkan (khususnya pada spesies pertanian), atau perbedaan antar populasi. Dengan cara yang kurang formal, bioinformatika juga mencoba memahami prinsip-prinsip organisasi dalam urutan asam nukleat dan protein.

Kegiatan umum dalam bioinformatika termasuk memetakan dan menganalisis DNA dan protein, menyelaraskan urutan DNA dan protein untuk membandingkannya dan membuat dan melihat model struktur protein 3-D.

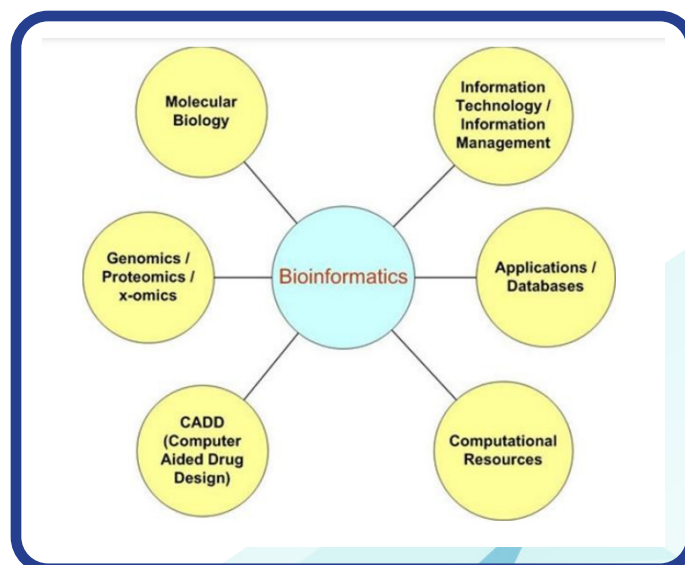
Ada dua cara mendasar untuk memodelkan sistem Biologis (misalnya, sel hidup) yang keduanya berada di bawah pendekatan Bioinformatika. Kedua cara tersebut adalah sebagai berikut:

1. Statis

- a. Urutan– Protein, Asam nukleat, dan Peptida
- b. Data interaksi di antara entitas di atas termasuk data microarray dan jaringan protein, metabolit

2. Dinamis

- a. Struktur– Protein, Asam nukleat, Ligan (termasuk metabolit dan obat-obatan) dan Peptida (struktur yang dipelajari dengan alat bioinformatika tidak lagi dianggap statis dan dinamikanya sering menjadi inti dari studi struktural)
- b. Sistem Biologi yang berada di bawah kategori ini termasuk fluks reaksi dan konsentrasi variabel metabolit
- c. Pendekatan pemodelan Berbasis Multi-Agen yang menangkap peristiwa seluler seperti pensinyalan, transkripsi, dan dinamika reaks



Gambar 15. Unit Bioinformatika

4.1.3.2. Penggunaan Instrumen

1. Metode-Metode Spektroskopi

a. Spektroskopi inframerah

Spektroskopi inframerah (IR) adalah metode spektroskopi yang berhubungan dengan zona inframerah dari spektrum elektromagnetik (dari sekitar 800 hingga 2500 nm). Biasanya digunakan dalam aplikasi farmasi, diagnostik medis, kontrol kualitas makanan dan agrokimia, dan penelitian pembakaran. Spektroskopi inframerah didasarkan pada prinsip bahwa ikatan kimia dalam molekul organik menyerap atau memancarkan cahaya inframerah ketika keadaan vibrasinya berubah. Dalam spektrum daerah inframerah dekat, ada perubahan besar dalam keadaan vibrasi. Tantangan utama dalam aplikasi ilmu daging untuk spektroskopi near-infrared adalah presentasi sampel. Transmisi adalah metode yang paling kuat yang cocok untuk cairan dan gas tetapi tidak sesuai untuk padatan murni. Spektroskopi refleksi menawarkan alternatif yang hampir selalu digunakan dalam studi daging dan otot, dan telah diteliti secara luas sebagai sarana untuk mengukur struktur daging secara tidak langsung. Memang, meskipun spektroskopi inframerah memberikan informasi tingkat molekuler langsung, penelitian menunjukkan bahwa hal itu dapat berhasil digunakan untuk menentukan perubahan struktural makroskopik yang terkait dengan daging atau struktur otot.

Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy adalah teknik yang cukup baru untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Alih-alih merekam jumlah energi yang diserap ketika frekuensi cahaya inframerah dipindai (monokromator), cahaya IR dipandu melalui interferometer. Setelah melewati sampel, sinyal yang diukur adalah interferogram, sinyal domain waktu. Melakukan transformasi fourier matematis pada sinyal ini menghasilkan spektrum yang identik dengan spektrum inframerah konvensional (dispersif), dan pengukuran spektrum tunggal lebih cepat. Karena kelebihan yang ditawarkan, hampir semua spektrometer inframerah modern adalah instrumen FTIR.

b. Spektroskopi Raman

Spektroskopi Raman juga merupakan teknik spektroskopi getaran yang digunakan dalam fisika benda terkondensasi, aplikasi biomedis dan kimia untuk mempelajari getaran, rotasi, dan mode frekuensi rendah lainnya dalam suatu sistem. Itu bergantung pada hamburan inelastis cahaya monokromatik, biasanya dari laser dalam spektrum tampak, IR, atau near-UV. Ini memberikan informasi yang mirip tetapi melengkapi untuk spektroskopi IR.

Spektroskopi Raman memiliki potensi besar untuk analisis jaringan biokimia baik pada skala makroskopik maupun mikroskopis. Salah satu keuntungan besar dari teknik ini adalah kemampuannya untuk memberikan informasi tentang konsentrasi, struktur dan interaksi molekul biokimia dalam lingkungan mikronya di dalam sel dan jaringan yang utuh (in-situ), non-destruktif, dan tanpa homogenisasi, ekstraksi, atau penggunaan pewarna, label, atau zat penambah kontras lainnya. Selanjutnya, Spektroskopi Raman dapat dilakukan secara in-vivo menggunakan teknologi serat optik.

c. Spektroskopi Visibel dan Kolorimetri

Bidang metode biofisika ini mencakup spektrum tampak (sering diperluas ke daerah Near-UV dan/atau N-IR) dan ruang warna CIE $L^*a^*b^*$ sebagai alat objektif dan non-destruktif untuk karakterisasi jaringan.

Ada banyak penelitian biomedis tentang karakterisasi jaringan menggunakan teknik ini. Karena penelitian ini sering difokuskan untuk memperoleh informasi struktural, penelitian ini layak dibahas di sini karena potensi untuk digunakan dalam evaluasi struktur otot – dalam hal ini adalah daging.

d. Spektroskopi Fluoresensi

Spektroskopi fluoresensi adalah jenis spektroskopi elektromagnetik yang menganalisis fluoresensi dari sampel. Ini melibatkan penggunaan seberkas cahaya, biasanya sinar UV, yang merangsang elektron dalam molekul senyawa tertentu dan menyebabkannya memancarkan cahaya berenergi lebih rendah. Dalam spektroskopi fluoresensi, spesies pertama kali tereksitasi, dengan menyerap foton cahaya, dari keadaan elektronik dasar ke salah satu dari berbagai keadaan vibrasi dalam keadaan elektronik tereksitasi. Tumbukan dengan molekul lain menyebabkan molekul tereksitasi kehilangan energi vibrasi hingga mencapai keadaan vibrasi terendah dari keadaan elektronik tereksitasi. Molekul kemudian turun kembali ke salah satu dari berbagai tingkat getaran dari keadaan elektronik dasarnya, memancarkan foton dalam prosesnya. Karena molekul dapat turun ke salah satu dari beberapa tingkat getaran dalam keadaan dasar, foton yang dipancarkan akan memiliki energi yang berbeda, dan dengan demikian frekuensi. Oleh karena itu, menganalisis berbagai frekuensi cahaya yang dipancarkan dalam spektroskopi fluoresen, bersama dengan intensitas relatifnya, memungkinkan untuk menentukan struktur tingkat getaran yang berbeda.

Triptofan adalah probe fluoresen intrinsik penting yang dapat digunakan untuk menilai sifat lingkungan mikro triptofan. Protein yang kekurangan triptofan dapat dilekatkan pada probe fluorofor ekstrinsik.

2. Metode Pencitraan Mikroskopik

Mikroskop telah banyak digunakan untuk mengontrol struktur daging dan produk daging. Ini dapat dibagi menjadi dua bidang:

a. Mikroskop Optik

Mikroskop optik menawarkan cara paling sederhana untuk mendapatkan gambar jaringan biologis yang diperbesar. Bidang ini mencakup berbagai macam teknik yang telah digunakan selama bertahun-tahun untuk mengkarakterisasi struktur daging dan produk daging. Teknik dapat diklasifikasikan hanya tergantung pada apakah sampel harus disiapkan dalam potongan tipis atau tidak. Sampel yang tidak dipotong tipis digunakan untuk kontras fase sangat awal pengukuran yang memungkinkan deteksi pita A dan pita I di otot dan untuk mikroskop pemindaian laser confocal baru, yang akan dibahas nanti.

b. Mikroskop Elektron

Penggunaan berkas elektron untuk menerangi spesimen dan membuat gambar yang diperbesar mengarah pada pengamatan gambar yang memiliki daya pisah yang jauh lebih besar dibandingkan dengan mikroskop optik. Resolusi yang lebih besar dan perbesaran mikroskop elektron berasal dari panjang gelombang elektron yang jauh lebih kecil dari panjang gelombang foton cahaya. Penyelidikan biologi menggunakan pemindaian (metode refleksi) atau mikroskop elektron transmisi sesuai dengan aplikasi. Selain itu dapat juga disebutkan disini penggabungan probe sinar-X dengan mikroskop elektronik untuk melakukan analisis mikro-X, yaitu pengukuran lokal, pada tingkat mikroskopis, spektrum sinar-X.

c. Metode Sinar-X

Sinar-X telah lama digunakan dalam pengobatan dan bidang lain. Prinsipnya adalah untuk mendapatkan pengukuran redaman energi penetrasi. Bahan yang berbeda memiliki sifat redaman yang berbeda, dan oleh karena itu tergantung pada tingkat energi penetrasi, pengukuran kuantitatif harus dimungkinkan, khususnya untuk tulang, daging tanpa lemak, dan lemak. Berbagai alat teknologi yang menggunakan sinar-X pada tingkat energi yang berbeda telah dikembangkan, sehingga memungkinkan untuk membedakan lemak, tulang, dan daging tanpa lemak sesuai dengan redaman energi yang diukur. Selama 30 tahun terakhir, industri daging telah menggunakan sistem sinar-X berenergi rendah seperti sistem Anyl-Ray (The Kartridg Pak Co., Iowa) (Gordon, 1973).

Dual-energy X-ray absorption (DXA) adalah teknologi yang berguna untuk penilaian lemak daging. Penyerapan pada energi sinar-X rendah (misalnya, 62 keV) bergantung pada kandungan lemak dan kepadatan sampel, sedangkan penyerapan pada energi yang lebih tinggi (misalnya, 120 keV) terutama bergantung pada kepadatan. Menggabungkan dua pengukuran dan mengurangkan satu dari yang lain memberikan kandungan lemak (Brienne, Denoyelle, Baussart, & Daudin, 2001; Hansen et al., 2003) dengan akurasi yang sangat baik dibandingkan dengan analisis kimia (nilai R² dari 0,7 hingga 0,97). Peneliti lain telah mencoba menggunakan DXA untuk memprediksi kelembutan daging sapi mentah dan daging domba matang, tetapi metode tersebut memberikan hasil yang moderat dan buruk dibandingkan dengan WBSF (R² = 0,69 dan R² = 0,12, masing-masing) (Kroger, Bartle, West, Purchas, & Devine, 2006). Seperti yang dilaporkan oleh (Mercier et al., 2006) meskipun DXA terlalu lambat untuk penggunaan komersial, dapat digunakan sebagai metode referensi dalam studi komposisi karkas. Perlu juga dicatat bahwa Sebelumnya, Diesbourg, Swatland, dan Millman (1988) memposting hasil yang menggembirakan untuk pengukuran difraksi sinar-X dari perubahan post mortem pada kisi myofilament babi.

d. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) - Resonansi magnetik nuklir

NMR berkontribusi pada karakterisasi banyak produk, termasuk makanan otot. Tingginya biaya yang terlibat membuat saat ini sulit untuk mempertimbangkan memasang sistem NMR pada jalur produksi. Namun demikian, alat ini memiliki berbagai aplikasi penelitian, terutama untuk penilaian produk, dan dapat dilihat sebagai metode referensi mengingat kekayaan pengukuran yang diperoleh: koefisien difusi dan waktu relaksasi menjadi yang paling berguna. NMR didasarkan pada penyerapan dan emisi energi dalam rentang frekuensi radio dari spektrum elektromagnetik. Semua inti yang

mengandung jumlah proton atau neutron ganjil memiliki momen magnetik intrinsik dan momentum sudut. Inti yang paling sering diukur adalah hidrogen-1 (isotop paling sensitif pada kelimpahan alami) dan karbon-13, meskipun inti dari isotop banyak elemen lain juga dapat diamati (^{23}Na , ^{31}P ...). NMR mempelajari momen magnetik dengan menyelaraskannya dengan medan magnet konstan yang diterapkan dan mengganggu penyelarasan ini menggunakan medan magnet frekuensi radio bolak-balik ortogonal. Gangguan ini menginduksi fenomena resonansi yang dimanfaatkan dalam spektroskopi NMR dan magnetic resonance imaging (MRI)

4.1.3.3. Identifikasi Struktur Biomarker

Kurang spesifik, tetapi lebih mudah untuk ditentukan, adalah komposisi kimia kasar daging, terutama karena berbagai metode berdasarkan konsep yang berbeda, seperti spektroskopi IR dan NMR, memungkinkan penentuan yang cepat berbeda dengan metode tradisional. Komponen yang ditentukan antara lain asam lemak, asam amino dan senyawa daging seperti jaringan ikat (kolagen), namun saat ini penerapannya lebih banyak dilakukan pada analisis pakan. Baru-baru ini, near-IR spectroscopy (NIRS) disarankan sebagai metode yang menjanjikan untuk penentuan komposisi asam amino dalam makanan daging dan unggas, bahkan lebih akurat daripada perkiraan protein kasar. Metode ini memungkinkan analisis banyak sampel dalam waktu singkat, yang membuatnya berpotensi menjanjikan untuk autentikasi daging karena kemungkinan untuk menggambarkan banyak variabel, seperti profil asam amino kompleks. Keterbatasan pendekatan ini diberikan oleh penentuan genetik yang tidak berubah-ubah dari urutan asam amino protein otot dan bahkan pengkodean yang relatif ketat dari rasio protein otot individu. Sampel daging sapi dan babi dianalisis dengan andal untuk kandungan air, lemak dan protein dengan NIRS. Atau, kandungan lemak intramuskular dan jaringan ikat dapat dianalisis dengan kombinasi spektrum autofluoresensi dan fitur gambar, dengan panjang gelombang 332 nm dianggap sebagai panjang gelombang yang paling berguna untuk menentukan kedua komponen. Pemberian pakan, genotipe, dan kandang dapat mempengaruhi komposisi kimia kotor, memungkinkan perbedaan antara asal geografis ketika konvensi sistem produksi ini cukup jelas berbeda.

Pemberian pakan kemungkinan besar mempengaruhi kandungan lemak dan profil asam lemak daging, sedangkan struktur otot dan protein mungkin berbeda antar genotipe (ras, galur). Efek lebih lanjut diharapkan dari intensitas penggemukan, yang sering dikaitkan dengan peternakan dan sistem produksi. Upaya pertama menggunakan seperangkat alat analisis ini juga tersedia.

Spektroskopi IR berhasil diterapkan untuk membedakan ayam yang “bertumbuh lambat” dari ayam dari sistem produksi seperti industri, dengan yang terakhir menunjukkan penyerapan yang lebih intensif dalam panjang gelombang dimana lipid menyerap. Sebuah studi baru menganalisis asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak jenuh (SFA) oleh NMR mampu mengkonfirmasi makan silase jagung bukan rumput dalam daging sapi dengan kandungan MUFA tinggi dengan mengorbankan kandungan PUFA dan SFA, sedangkan nilai PUFA yang tinggi menunjukkan ternak yang dipelihara di dataran tinggi. Dalam penelitian lain, daging sapi yang berasal dari sistem penggembalaan organik dan dari penyapihan yang digembalakan menunjukkan konsentrasi asam lemak n-3 yang lebih tinggi dan rasio asam lemak n-6 terhadap n-3 yang lebih rendah daripada daging sapi dari penggemukan intensif konvensional, dan tidak ada perbedaan rasio n-6 untuk n-3 daging sapi yang dibeli di musim semi dan di musim gugur. Meskipun efek yang jelas dari faktor produksi pada komposisi kimia kotor daging diketahui, atribusi eksklusif

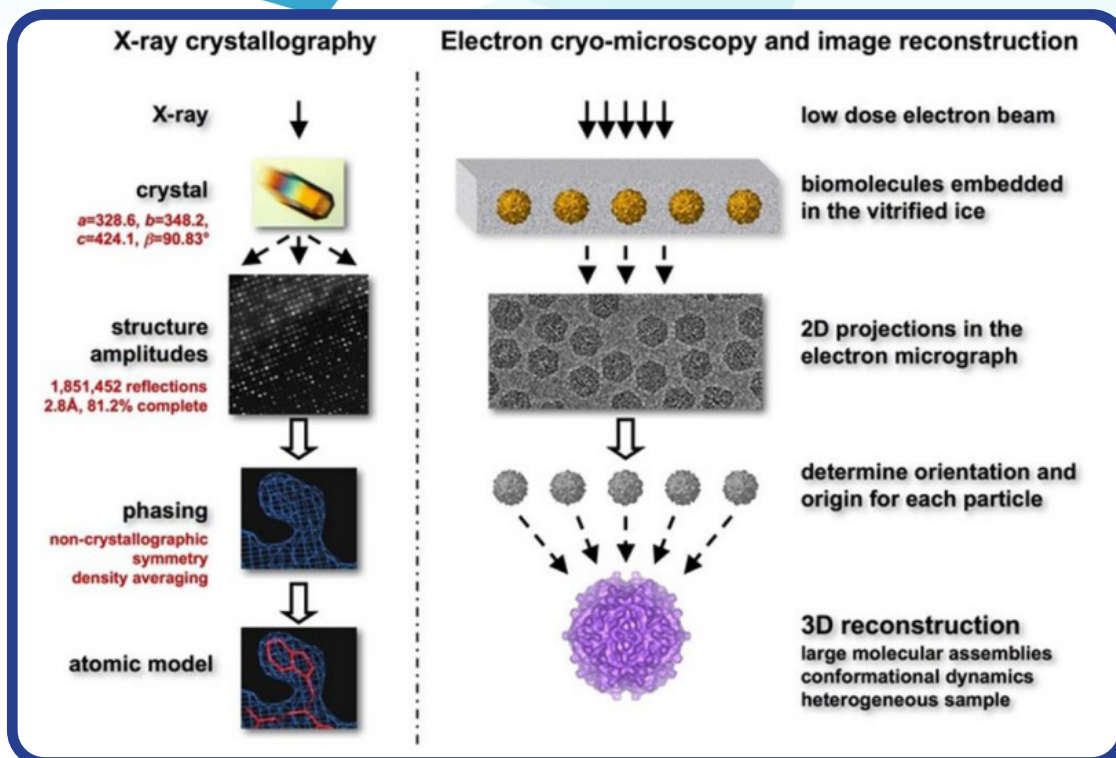
mereka ke asal geografis tampaknya sulit. Ini tidak mengesampingkan bahwa sifat-sifat ini digunakan sebagai kriteria tambahan yang berharga yang dapat diperoleh dengan cepat dengan sedikit usaha ekstra. Menggunakan teknik IR misalnya, bahkan sampel tidak dihan-curkan oleh analisis dan dapat digunakan untuk metode lain sesudahnya

4.1.3.4. Pemodelan Biomarker

Peran komputasi dalam biologi, kimia biologi, dan biofisika telah menunjukkan peningkatan yang stabil selama beberapa dekade terakhir. Pertumbuhan daya komputasi yang berkelanjutan (khususnya dalam konteks komputer pribadi) telah memungkinkan untuk menganalisis, membandingkan, dan mengkarakterisasi kumpulan data besar dan kompleks yang diperoleh dari eksperimen pada sistem biomolekuler. Hal ini pada gilirannya menyebabkan perumusan model untuk proses biomolekuler yang dapat disimulasikan atau dianalisis pada komputer. Ketika melakukan studi pemodelan biomolekuler dari sistem tertentu yang menarik, tingkat pemodelan, yaitu resolusi spasial, skala waktu, dan derajat kebebasan minat, harus dipertimbangkan. Tingkat pemodelan mana yang dipilih untuk menggambarkan proses biomolekuler tertentu tergantung pada jenis prosesnya. Dalam tinjauan ini fokus akan ditetapkan pada tiga dari empat proses biomolekuler yaitu:

1. Pelipatan polipeptida
2. Kompleksasi molekuler (misalnya protein-ligan, DNA-ligan, protein-DNA, dll.)
3. Partisi molekul antara lingkungan yang berbeda, seperti membran lipid, air, campuran (misalnya air/urea, larutan ionik), dan pelarut apolar
4. Pembentukan membran lipid atau misel dari campuran komponennya.

Keempat proses ini memainkan peran mendasar dalam perilaku sistem biomolekuler dan berbagi fitur umum bahwa mereka didorong oleh interaksi interatomik yang lemah yang tidak terikat. Interaksi tersebut mengatur sifat termodinamika dari fase kental di mana empat proses terjadi. Oleh karena itu, proses ini paling menjanjikan dimodelkan pada tingkat atom atau molekul. Karena kisaran suhu yang diinginkan pada dasarnya terletak antara suhu kamar dan suhu fisiologis, dan energi yang terlibat dalam proses ini berada pada urutan 1–10k_BT (yang sesuai dengan puluhan kJ mol⁻¹, k adalah konstanta Boltzmann), prosesnya sangat ditentukan oleh hukum mekanika statistik klasik. Meskipun mekanika kuantum mengatur interaksi antara elektron atom dan molekul serta gerakan partikel ringan seperti proton, interaksi tidak terikat dapat dijelaskan dengan sangat baik oleh fungsi energi potensial klasik atau medan gaya sebagai bagian dari teori klasik Hamiltonian. Salah satu bentuk pemodelan biomarker dapat dilihat dalam gambar dibawah ini.



Gambar 16. Rekonstruksi Biomarker (Abola E. et al., 2000)

4.2. Aplikasi Big Data untuk Riset Sains Halal

4.2.1. Pendahuluan

Prasyarat dalam menjamin hasil terbaik dalam menganalisis data adalah dengan memiliki data berkualitas tinggi. Hasil dari kualitas data yang buruk dapat mengubahnya menjadi tidak akurat, yang dapat menyebabkan pemborosan sumber daya, merugikan organisasi secara internal, dan pelanggannya. Tanpa data yang solid, sebuah organisasi mungkin tidak akan mencapai keputusan yang baik karena kurangnya pemahaman tentang hal-hal yang terjadi di dalam organisasi itu sendiri. Eckerson (2002) menjelaskan bahwa beberapa masalah yang mungkin muncul karena kualitas data yang buruk dapat mencakup hilangnya pendapatan, ketidakpuasan pelanggan, hilangnya kredibilitas dalam suatu sistem, keterlambatan dalam menyebarkan sistem baru dan waktu ekstra dalam rekonsiliasi data. Menilai kualitas data sebenarnya wajib untuk menghindari pengambilan keputusan yang salah. Lucas (2010) menyatakan bahwa Manajemen Kualitas Data (DQM) adalah masalah yang berkembang di komunitas akademik dan profesional. Titik awal untuk memajukan kualitas data adalah Data Quality Assessment (DQA) menurut Liu et al., (2017). Sangat penting untuk menilai kualitas data sebelum kegiatan terkait lainnya yang melibatkan penggunaan data tersebut. Ruan et al., (2009) menemukan bahwa menggunakan ekspresi reguler untuk menganalisis dan memverifikasi data dapat membantu organisasi untuk meningkatkan kualitas data. Penerapan ini, membuktikan kepraktisan untuk analisis kualitas data. Menempatkan pemangku kepentingan dalam lingkaran dalam kualitas proses jaminan adalah konsep lain untuk memastikan kualitas data. Di mana sebagian besar waktu, pengguna berisi pengetahuan khusus domain dari aplikasi ini.

Selain itu, memastikan tingkat kualitas data yang tinggi merupakan hal penting lainnya untuk meningkatkan produktivitas perkembangan bisnis. Memiliki kualitas data yang buruk dapat mengubah data ini menjadi informasi yang salah yang dapat menyebabkan efek negatif bagi pertumbuhan bisnis. Jadi, dengan mengenali masalah kualitas data sejak awal, ini akan menciptakan efek positif pada efisiensi proses bisnis.

Salah satu konsep terpenting dalam ajaran agama Islam adalah konsep Halal, di mana industri halal memainkan peran penting yang sangat besar di dunia, terutama bagi masyarakat Muslim (Abd Aziz et al., 2015). Dengan terus meningkatnya populasi Muslim global maka permintaan untuk produk makanan-minuman halal serta layanan/jasa halal juga akan meningkat. Ketika berbicara tentang makanan-minuman halal, topik di sektor industri halal harus dimasukkan ke dalam daftar teratas diskusi, khususnya terkait industri logistik dan rantai pasokannya yang sangat dinamis. Konsumen Muslim sendiri memiliki ekspektasi terhadap produk halal berkualitas tinggi di seluruh dunia, dimana hal tersebut harus mendapat perhatian yang tinggi dari para produsen.

4.2.2. Justifikasi

Teknologi Informasi (TI) telah berkembang pesat dari tahun ke tahun. Baik organisasi profit maupun non profit (terdiri dari organisasi pemerintah dan nonpemerintah) mulai bergeser ke arah kemajuan TI. Karena ekonomi Islam terus tumbuh, diperkirakan Muslim menghabiskan US\$1,3 triliun pada tahun 2017 saja untuk konsumsi makanan dan minuman. Tercatat juga bahwa Muslim di seluruh dunia membelanjakan masing-masing US\$87 miliar dan US\$62 miliar untuk obat-obatan dan kosmetik.

Omar & Jaafar (2011) menyatakan pasar produk halal tersebar luas di seluruh dunia sehingga menyebabkan peningkatan permintaan produk halal yang tidak terbatas pada negara-negara Muslim tetapi juga dari negara-negara non-Muslim. Hal tersebut kemudian memicu produk untuk menjadi terkenal secara global karena menyoroti kebutuhan rantai pasokan halal. Karena alasan ini, rantai pasokan halal (halal supply chain) memainkan peran penting karena mereka menggarisbawahi konsep halal tidak hanya berlaku untuk makanan, tetapi juga mencakup seluruh rantai pasokan mulai dari sumber pertanian hingga sampai ke tangan pelanggan.

Selanjutnya, beberapa faktor telah diidentifikasi yang mengarah pada rantai pasokan halal yang berlaku dalam kaitannya dengan konsumsi makanan. Setiap segmen dalam rantai pasokan halal sangat penting untuk mengklasifikasikan titik kontrol halal kritis yang dapat membuat produk halal menjadi produk non-halal karena kontaminasi dengan produk non-halal pada setiap titik waktu selama penyimpanan, pengemasan, penanganan dan pengangkutan produk (Omar & Jaafar 2011).

4.2.3. Data Quality Assessment

Data Quality Assessment digunakan untuk menyajikan data apakah kualitasnya cukup baik untuk membantu orang memahami keandalan, kepercayaan, dan integritas kualitas data. Sampai hari ini, masalah kualitas data semakin tinggi dengan pengumpulan data yang tidak perlu dan kotor di sekitar sistem informasi. Menurut Kläs et al., (2016), tantangan untuk penilaian kualitas data dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu volume, variasi, dan kecepatan.

Evaluasi kualitas big data merupakan bagian dari penilaian kualitas data. Serhani et al., (2017) menjelaskan bahwa untuk mencapai potensinya, peneliti harus fokus pada tiga area berbeda dalam big data, yaitu pemrosesan data, penyimpanan data, dan analisis data. Model penilaian kualitas big data hibrida diperkenalkan dengan menggabungkan evaluasi kualitas berbasis data dan berbasis proses.

Meskipun penilaian kualitas data telah digunakan secara menyeluruh di banyak sektor seperti bisnis, telekomunikasi, teknik, fisika, dan perawatan kesehatan; Namun, tidak banyak penelitian yang berfokus pada ilmu halal. Penelitian yang dilakukan oleh Panahy et al., (2014) menunjukkan bahwa dengan mengenali hubungan antara kualitas data dan proses bisnis membantu organisasi untuk menghasilkan keputusan yang lebih baik di sektor bisnis.

Penelitian lain untuk penilaian kualitas data di perusahaan telekomunikasi dilakukan oleh Lubis (2012), yang menjelaskan bahwa pemeliharaan data yang berkualitas dapat membantu mengidentifikasi perilaku pelanggan dan mengatasi berbagai masalah, seperti kelebihan anggaran dan kelebihan kapasitas dalam organisasi. Liu (2017) menyatakan penerapan kerangka kualitas data di jaringan listrik China meningkatkan keberhasilan dan ketergantungan aplikasi. Hal ini dilakukan dengan memfokuskan pada 3 aspek utama yaitu akuisisi data, penyimpanan data, dan komputasi data.

Kualitas data memainkan peran utama secara finansial untuk bisnis. Oleh karena itu, kualitas data yang buruk dapat merugikan organisasi antara 8% hingga 12% dari pendapatannya. Hasil kualitas data yang buruk dalam bisnis dapat memiliki efek berbahaya jangka panjang pada profitabilitas organisasi, pengembangan dan kecepatan di mana mereka beroperasi (Redman, 1998). Dalam menggambarkan biaya kualitas data, Eppler et al., (2002) menegaskan bahwa dalam hal kualitas data, definisi biaya yang sempit lebih merusak daripada produktif karena membawa efek moneter negatif yang disebabkan oleh kualitas data yang tidak memadai.

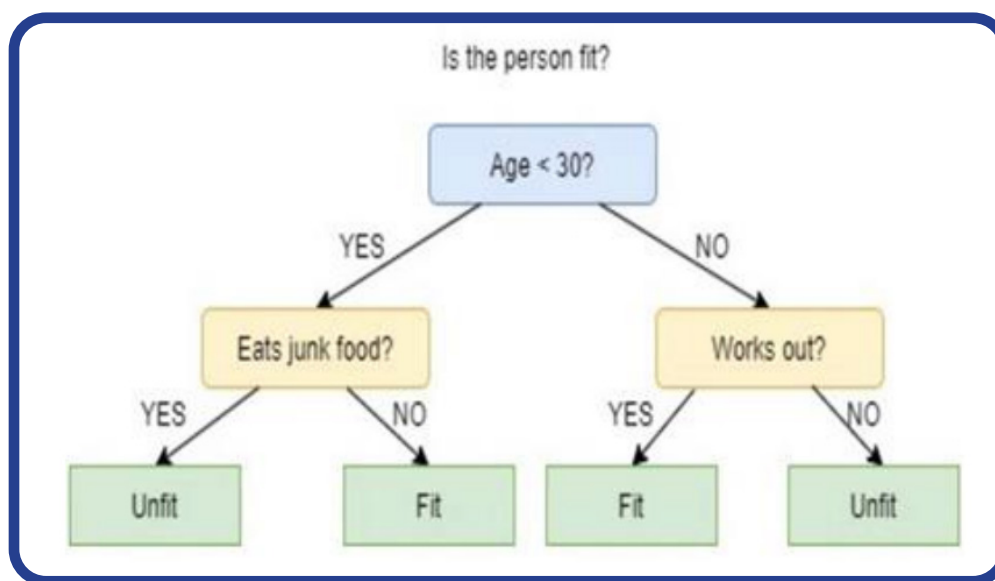
Menilai data untuk mengamati kualitasnya memberikan konteks penting bagi pengambilan keputusan dan analisis informasi yang ingin memperoleh nilai bisnis dari data. Contoh dasar adalah perbedaan waktu analisis pemodelan dapat diselesaikan dengan tingkat kualitas data yang berbeda, di mana kualitas yang buruk setara dengan enam minggu dan kualitas tinggi bisa menjadi enam jam (Burkhardt et al., 2018).

Total Data Quality Management (TDQM) adalah kerangka kerja yang paling banyak digunakan untuk menilai kualitas data dalam organisasi. Wang (1998) mengembangkan ide, nilai, dan prosedur untuk menghitung, menganalisis, dan meningkatkan produk informasi menggunakan Total Data Quality Management (TDQM). Organisasi harus memiliki Produk Informasi (IP) yang diartikulasikan dengan jelas dalam hubungan bisnis, kedua, untuk membentuk tim IP yang terdiri dari eksekutif senior sebagai juara TDQM, insinyur IP yang akrab dengan Metodologi TDQM, dan anggota yang merupakan pemasok informasi, produsen,

dan lain-lain. Ketiga, untuk mengajarkan keterampilan Penilaian Kualitas Informasi (IQ) dan Manajemen IQ kepada semua konstituen IP dan terakhir melembagakan peningkatan IP yang berkelanjutan

4.2.4. Decision Tree (Pohon Keputusan)

Decision tree adalah struktur yang berisi simpul (kotak persegi panjang) dan tepi (panah) dan dibangun dari kumpulan data (tabel kolom yang mewakili fitur/atribut dan baris sesuai dengan catatan). Setiap simpul digunakan untuk membuat keputusan (dikenal sebagai simpul keputusan) atau mewakili hasil (dikenal sebagai simpul daun).



Gambar 17. Decision Tree

ID3 adalah algoritma paling populer untuk membangun decision tree dari kumpulan data sampel yang tetap. Lebih lanjut, ID3 adalah singkatan dari Iterative Dichotomiser 3 dan dinamai demikian karena algoritma secara iteratif (berulang kali) mendikotomikan (membagi) fitur menjadi dua atau lebih grup pada setiap langkah. Diciptakan oleh Ross Quinlan, ID3 menggunakan pendekatan top-down untuk membangun pohon keputusan. Dengan kata sederhana, pendekatan topdown berarti bahwa dapat mulai membangun pohon dari atas dan bahwa pada setiap iterasi dapat memilih fitur terbaik saat ini untuk membuat simpul (cise.ufl.edu, 2020)

Keuntungan nyata dari decision tree dibandingkan pendekatan klasifikasi lainnya adalah bahwa struktur seperti pohon memungkinkan kesederhanaan analisis dan interpretasi data. Decision tree dan algoritma klasifikasi lainnya dengan ekstensi mengejar untuk memperkirakan nilai atribut output berdasarkan nilai atribut input. Dalam decision tree, setiap simpul pohon interior berasosiasi dengan atribut input. Untuk node interior nominal, jumlah tepinya setara dengan jumlah nilai layak dari atribut input terkait. Setiap simpul daun di pohon dianggap sebagai nilai atribut keluaran yang disimpulkan dari atribut masukan dan ini

diwakili oleh jalur yang menghubungkan akar dan daun (Nwulu 2017). Beberapa kelemahan menggunakan algoritma ID3 adalah data mungkin terlalu pas atau terlalu diklasifikasikan, jika sampel kecil diuji serta hanya satu atribut pada satu waktu yang diuji untuk membuat keputusan.

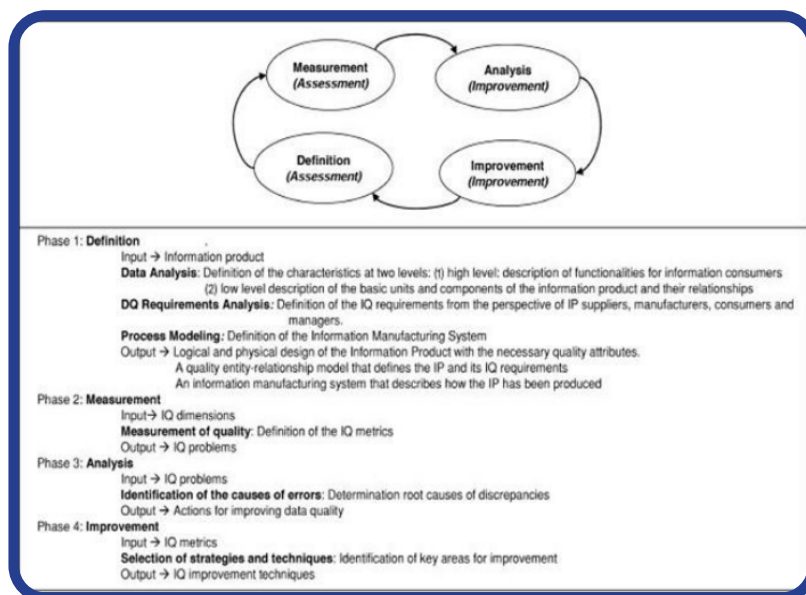
4.2.5. Total Data Quality Management (TDQM)

Kualitas data dapat diartikan sebagai kualitas data dimana data tersebut memenuhi proyeksi persyaratan penggunaannya. Hal ini menjadi perhatian bagi setiap organisasi karena dunia bergerak maju di era big data.

Dalam penelitian ini digunakan metode wawancara serta observasi metode. Data FTIR dari berbagai sampel hasil dikumpulkan dari laboratorium. Sebanyak 223 sampel objek unik dikumpulkan dari 419 set data. Beberapa format file telah diterima selama wawancara dari tiga peneliti yang berbeda seperti file CSV dan PDF. Selama metode pengamatan, para peneliti telah melakukan bagaimana menganalisis suatu objek dan mengubahnya menjadi spektrum grafis. Objek sampel perlu dijalankan setidaknya lima kali untuk tujuan akurasi. Pada beberapa kesempatan, sampel dapat diproses 60 kali untuk memastikan akurasi lebih tinggi.

Instrumen FTIR dapat memberikan hasil spektrum dalam berbagai format file. Peneliti secara khusus selalu mengubah file hasil menjadi file Comma Separated Value (CSV) dan file Portable Document Format (PDF). File spektrum dari Absorbance dan Wavenumbers diterjemahkan ke dalam angka untuk rentang tertentu dan terdiri dari 5.000 baris data. Selain itu, format file PDF memberikan tampilan grafis pada spektrum data.

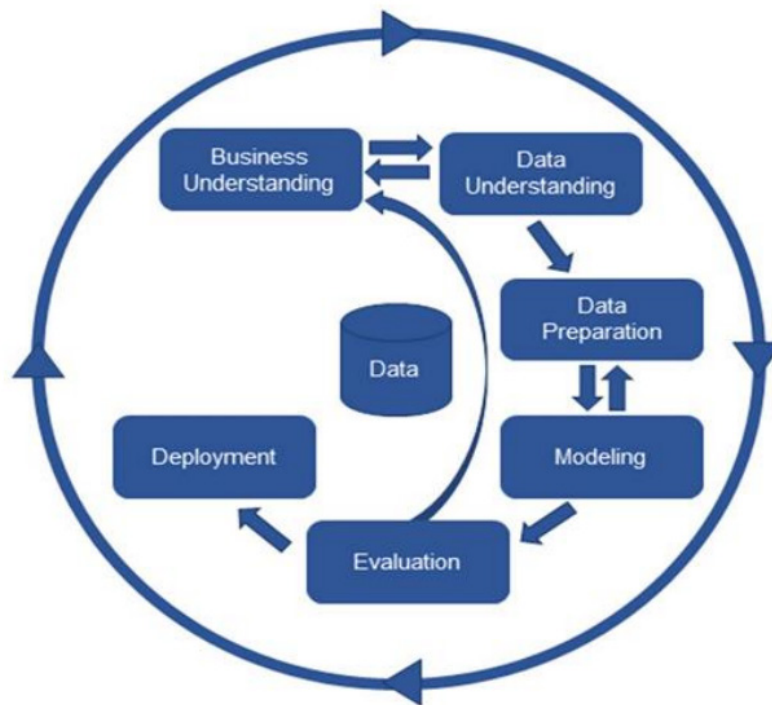
TDQM telah digunakan untuk menghilangkan perbedaan antara output dari proses perangkat dan persyaratannya dari pengguna di atas (Batini et al., 2009). TDQM membawa tujuan memberikan dukungan untuk pengembangan peningkatan kualitas dari persyaratan untuk implementasi. Beberapa dimensi kualitas data juga ditangani dalam metode ini seperti, aksesibilitas, kesesuaian, kelengkapan, relevansi, reputasi, ketepatan waktu, dan pemahaman.



Gambar 18. Total Data Quality Management (TDQM)

Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)

CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) adalah konsorsium perusahaan yang didirikan oleh Komisi Eropa pada tahun 1996 dan telah ditetapkan sebagai proses standar dalam data mining yang dapat diterapkan di berbagai sektor industri.



Gambar 19. CRISP-DM Data Mining

Metodologi ini juga banyak digunakan untuk membangun model penambangan terutama untuk metode pemodelan prediktif penambangan data. Ini memperoleh penerimaannya di antara standar lain (SEMMA dan PMML) dalam penambangan data prediktif yang menjelaskan proses penambangan data. Shearer dkk. (2000) mendefinisikan CRISP-DM sebagai model penambangan data non-proprietary, didokumentasikan, dan dapat diakses secara bebas yang bermanfaat bagi organisasi karena metodologi ini menawarkan praktik terbaik, hasil yang lebih baik, dan lebih cepat untuk penambangan data (Olson & Delen., 2008).

CRISP-DM membagi proses penambangan data menjadi 6 fase: pemahaman bisnis dan data, persiapan data, pemodelan, evaluasi, dan penyebaran. Fase-fase ini membantu organisasi untuk memahami proses penambangan data dan memberikan peta jalan sebagai panduan saat merencanakan dan melakukan tugas penambangan data. Di bawah ini adalah gambar proses pengembangan siklus hidup CRISP-DM (Olson & Delen., 2008).

The CRISP-DM terdiri dari enam fase (Olson & Delen., 2008).

1. Pengertian Bisnis.

Ini berisi memutuskan tujuan bisnis, menilai keadaan saat ini, membangun tujuan penambangan data, dan membangun rencana tugas.

2. Pengertian Data.

Setelah tujuan bisnis dikenali, kemudian akan dilanjutkan dengan persyaratan data. Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data, deskripsi data, eksplorasi data, dan verifikasi kualitas data.

3. Persiapan Data.

Fase ini akan difokuskan pada pemilihan data, pembersihan data, serta eksplorasi data. Fase ini akan memberikan kesempatan untuk melihat pola berdasarkan pemahaman bisnis.

4. Pemodelan.

Alat penambangan data seperti RapidMiner tersedia untuk pemodelan. Selama fase ini, pemahaman data yang lebih besar diperoleh, dan model yang tepat lebih rinci dapat diterapkan.

5. Evaluasi.

Pada fase ini, hasil model akan dievaluasi dalam konteks tujuan bisnis. Ini akan meminta potongan-potongan bukti yang dapat dikenali dari kebutuhan yang berbeda.

6. Penyebaran.

Hasil studi data mining disimpulkan, dan perlu dilaporkan kembali kepada para pemangku kepentingan. Ini akan mengungkapkan informasi baru yang perlu dikaitkan dengan tujuan proyek penambangan data asli.

4.2.6. Hasil Penilaian Kualitas Data Spektrum Halal

Tiga metrik Kualitas Informasi (IQ) didefinisikan untuk hasil yang meliputi:

1. Ketersediaan

Dimensi pertama dalam hierarki kerangka penilaian kualitas big data adalah Ketersediaan. Ini memiliki dua dimensi yaitu aksesibilitas dan ketepatan waktu. Penyimpanan data hasil FTIR tidak disajikan dalam bentuk yang dapat diakses oleh setiap pengguna. Kurangnya database online untuk mengakses setiap data belum diimplementasikan. Oleh karena itu, data dikumpulkan dari peneliti individu yang diketahui saja yang direkomendasikan oleh asisten laboratorium.

Proses menjalankan sampel dalam instrumen FTIR memakan waktu karena langkah persiapannya. Ketika data sampel dari FTIR telah menunjukkan hasilnya, menyimpannya langsung di database secara realtime bisa menjadi hal yang mendasar. Untuk secara tepat merekam setiap data hasil ke tempat penyimpanan data dapat dipercaya menemukan kolaborasi optimal antara para peneliti. Ini akan mengatasi duplikasi apa pun dalam pekerjaan untuk referensi mereka di masa mendatang.

Dalam sistem yang dinamis dan berkembang pesat, satu detik atau bahkan beberapa mikro-detik antara satu pembacaan dan pembacaan lainnya dapat berarti satu set data tidak cocok dengan yang lain. Sangat penting untuk memastikan bahwa semua data tepat waktu dan ditafsirkan secara real-time untuk memastikan pengoptimalan sistem yang terbaik.

2. Usability

Dimensi usability memiliki unsur kredibilitas yang melekat padanya. Kredibilitas data adalah tingkat integritas dalam penyedia atau sumber data yang dapat diandalkan, untuk memastikan bahwa data tersebut benar-benar mewakili apa yang seharusnya diwakili oleh data tersebut, dan tidak ada maksud untuk salah menggambarkan apa yang seharusnya diwakili oleh data tersebut.

Integritas data sangat penting untuk aktivitas gabungan dimana organisasi berbagi informasi di dalam dan di seluruh organisasi sehingga pengambil keputusan dapat menganalisis dan menambang data. Kesulitan integritas data menjadi tantangan utama untuk kolaborasi skala besar di mana pihak sering melakukan modifikasi data. Tanpa integritas, kolaborasi di antara banyak pengguna dalam organisasi tidak akan berhasil karena kegunaan data menjadi berkurang dan tidak dapat dipercaya dengan keyakinan (Lim et al., 2010)

Data yang dihasilkan para peneliti dapat diandalkan karena pengakuannya di seluruh dunia khususnya di sektor industri halal. Kemudian hanya peneliti atau mahasiswa dalam kajian ini yang dapat mengakses dan menjalankan analisis data untuk FTIR. Hal ini memberikan kredibilitas bagi institusi laboratorium terkait karena hanya orang-orang yang punya akses yang dapat menjalankan eksperimen.

3. Keandalan

Data akurasi, konsistensi, integritas, dan kelengkapan adalah elemen untuk dimensi keandalan data. Saat ini, proses akhir untuk mendapatkan data hasil FTIR belum inklusif. Hal ini terjadi karena peneliti perlu melakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan tingkat akurasi hasil spektrum FTIR yang tinggi. Belum ada penilaian yang dilakukan untuk keakuratan data karena hasilnya sebenarnya tergantung pada bagaimana sampel disiapkan. Pra-pengolahan objek sampel sepenuhnya tergantung pada seberapa hati-hati peneliti dalam mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP).

Sumber data direpresentasikan sebagai kumpulan set data atau file, beragam atau diatur berdasarkan jenis, format, atau domain. Representasi data ini akan membantu menghindari masalah kualitas yang mungkin muncul saat penemuan otomatis tipe data dan domain ditangani.

4.2.7. Decision Tree Spektrum Halal

Decision tree dipilih untuk kegiatan penambangan data karena pendekatannya yang memungkinkan kesederhanaan analisis dan interpretasi data. Rapid-Miner Studio versi 9.7.000 juga digunakan sebagai alat untuk data mining.

Tabel 18 berikut akan menjadi dasar untuk proses decision tree. Ini menunjukkan sistem keputusan yang akan diproses dalam penelitian ini. Ada banyak sampel yang terma-

suk dalam kategori halal selama pengumpulan data. Selanjutnya telah dipilih tiga sampel yaitu FSH (ikan), GOAT (kambing, dan BVN (sapi) yang merupakan hewan sampel yang struktur mirip dengan daging babi.

Row No	Sample Name	Absorbance	Halalness
2	PRCN	0.3487459	No
6952	FSH	0.3929258	Yes
13902	GOAT	0.2458752	Yes
28113	PO 1	10.5	No
20852	PO 14	17.4	No
42324	BVN	0.1457702	Yes

Tabel 18. Contoh hasil set data mining processing Decision Tree FTIR untuk Rapid Miner Studio versi 9.7.000

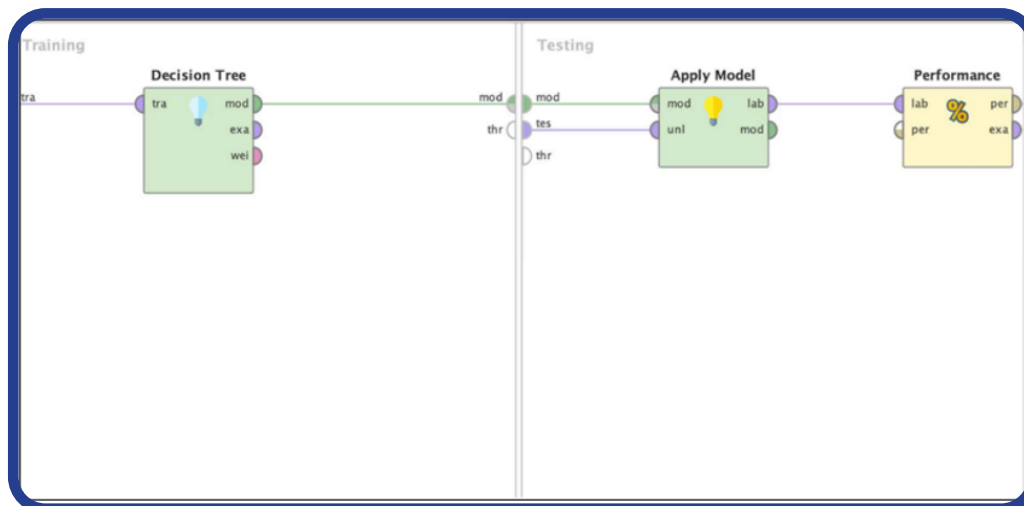
Titik masuk pertama adalah dengan memiliki dataset dengan beberapa sampel dari sampel halal dan non-halal. Kumpulan sampel yang dimasukkan dalam analisis ini berasal dari tiga sampel halal dari hewani seperti sapi, kambing, dan ikan. Sedangkan tiga sampel lainnya dari non halal berbasis hewani adalah babi, kombinasi minyak sawit + babi + ayam, dan kombinasi minyak sawit + bawang + babi. Jumlah total 49.000 baris data yang digunakan pada proses ini.

Kedua, dalam riset ini ditambahkan operator lain bernama Set Role yang digunakan untuk mengubah peran satu atau lebih atribut. Peran atribut menjelaskan bagaimana operator lain menangani atribut ini. Peran default adalah reguler, peran lain diklasifikasikan sebagai khusus. Sebuah Example Set dapat memiliki banyak atribut khusus, tetapi setiap peran khusus hanya dapat muncul satu kali (RapidMiner 2020). Selanjutnya yaitu menargetkan peran sebagai label dan mengaitkannya dengan nama sampel serta melatih model untuk memprediksi nama sampel sehingga disetel ke peran label.

Ketiga, operator lain yang disebut Cross Validation yang digunakan untuk melakukan validasi silang untuk memperkirakan kinerja statistik suatu model pembelajaran. Teknik tersebut digunakan untuk memperkirakan seberapa akurat kinerja model dalam praktik. Evaluasi kinerja model pada set uji independen menghasilkan estimasi kinerja yang baik pada set data yang tidak terlihat. Ini juga menunjukkan jika 'overfitting' terjadi. Ini berarti bahwa model mewakili data pengujian dengan sangat baik, tetapi tidak dapat digeneralisasi dengan baik untuk data baru. Dengan demikian, kinerjanya bisa jauh lebih buruk pada data uji.

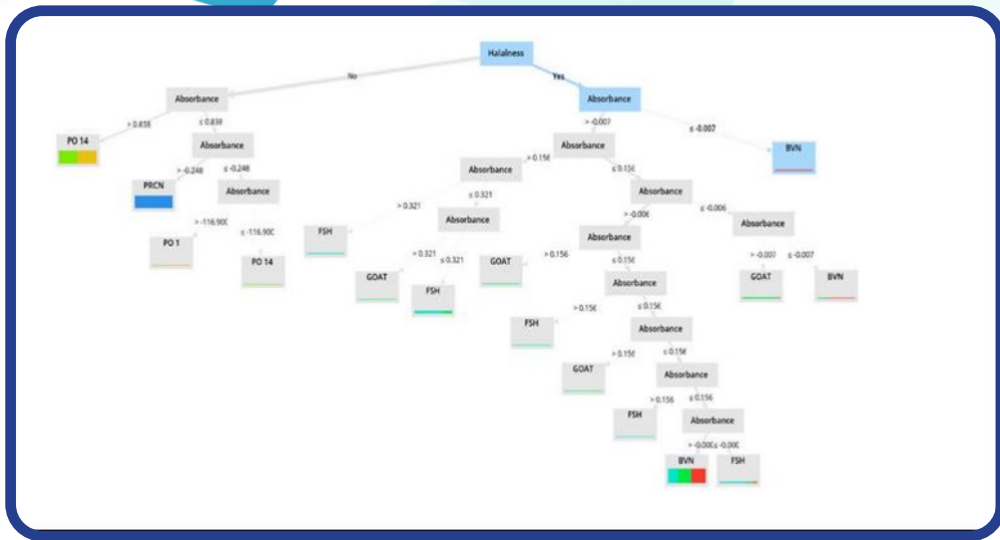
Dalam riset Decision Tree operator ditempatkan pada model pelatihan di dalam Cross Validation operator yang akan menghasilkan model pohon keputusan berdasarkan sampel yang dimasukkan pada data. Lebih lanjut, dalam analisis vektor kinerja ini ditemukan bahwa model pohon keputusan yang dijalankan memiliki akurasi 64%. Namun bagian yang paling menarik adalah bahwa porcine memiliki 99% akurasi dibandingkan dengan sampel lainnya. Hasil dari model decision tree di sini menyatakan bahwa jika sampel dengan absorbansi kurang dari 0,838 maka tergolong hasil non-halal. Ketebalan batang berwarna menunjukkan berapa banyak contoh yang telah dibuat cabang.

Seperti yang dapat dilihat jika kehalalannya sama dengan Tidak maka kita dapat melihat absorbansinya akan lebih besar dari 0,838. Ini terutama datang dari set sampel porcine. Fakta menarik lainnya di sini adalah jika absorbansinya kurang dari atau sama dengan 0,838 maka akan termasuk dalam non halal. sampel seperti PO14 dan PO1. Kita juga dapat melihat bahwa jika spektrumnya lebih besar dari -0,007 maka akan masuk ke sampel halal seperti Kambing, Ikan, dan Sapi.



Gambar 20. Model pemrosesan untuk Decision Tree operator and Cross Validation operator pada Rapid Miner 9.7.000 Validation operator pada Rapid Miner 9.7.000

Tim peneliti mungkin juga dapat menemukan pengganti serupa gelatin non-halal yang saat ini digunakan secara luas. untuk produk kosmetik. Hasil decision tree menunjukkan bahwa sampel saat ini yang berasal dari laboratorium memiliki ketidak-samaan dalam jumlah spektrumnya. Selain itu, tim mungkin dapat mengategorikan sampel yang berasal dari FTIR instrumen sesuai dengan sifatnya. Kesimpulannya, ketika faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja data mining diamati, data mining dapat berkontribusi lebih banyak dalam industri halal dengan memberikan pola.



Gambar 21. Hasil Decision Tree

V Riset Berimpak Faktor Tinggi untuk Paten dan Komersialisasi

5.1. Potensi Bisnis Gelatin di Indonesia

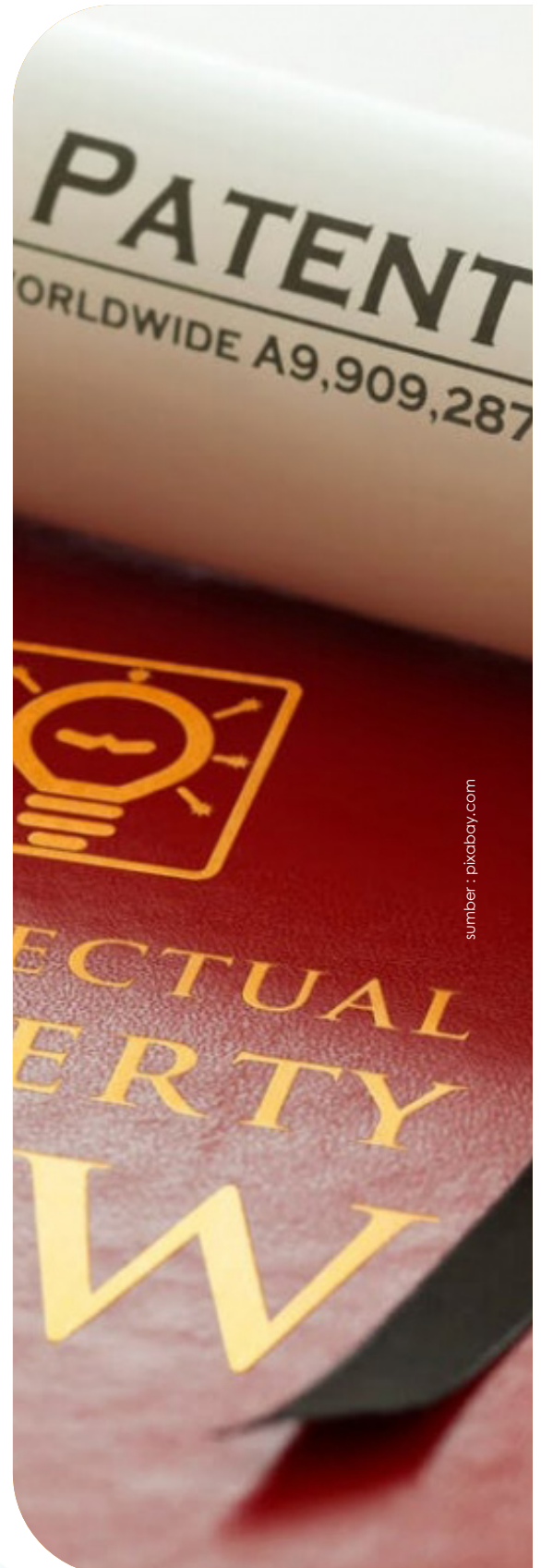
5.1.1. Pendahuluan

Bagi seorang Muslim tidak diperkenankan makan makanan yang haram, yang dilarang oleh petunjuk Al Quran, seperti hewan babi, hewan yang bertaring, dan hewan yang hidup di dua alam. Dimana hewan inilah yang kemudian menyebabkan munculnya wabah virus Covid-19 di negara China pada akhir tahun 2019. Sebaliknya kaum Muslim diwajibkan dan bahkan juga untuk semua manusia untuk mengkonsumsi makanan yang halal. Lebih dari itu makanan tersebut harus dalam kondisi yang baik (thayyib).

Seiring dengan perkembangan zaman dewasa ini proses pembuatan makanan halal mulai dari penyiapan bahan dasar, pembuatan, kemasan sampai proses delivery kepada konsumen. Dalam istilah halal proses tersebut dinamakan halal supply chain dan halal value chain (Tieman, 2011). Oleh karena itu makanan halal sering disebut juga makanan yang sehat (healthy food) dan aman (safety food) karena prosesnya dapat ditrace dari awal hingga akhir (from farm to table).

Proses ini melibatkan banyak campuran bahan dan bidang keahlian, sebagaimana makanan olahan tidak tergantung dari satu bahan makanan saja, tetapi bisa ditambahkan berbagai bahan campuran seperti zat adiktif, pewarna, pengental, penggurih, pemanis, gelatin dan sebagainya. Dengan demikian makanan olahan merupakan produk yang relatif sulit diketahui langsung oleh konsumen.

Tantangannya adalah bahan-bahan dasar tersebut ditemukan dengan mudah dalam jumlah besar dengan harga yang relatif murah adalah bahan baku tidak halal yang berasal dari babi. Produk bahan baku tersebut terutama dari lemak babi, tulang babi, kulit babi dan sebagainya. Salah satu produk tersebut yang



sumber: pixabay.com

sangat luas digunakan untuk industri makanan, kosmetik, farmasi. Bahan itu adalah yang kita sering sebut dengan gelatin yang merupakan produk zat adiktif untuk bahan baku makanan yang populer di masyarakat seperti es krim, permen, yoghurt, coklat bahkan kapsul. Pasokan gelatin untuk industri di dunia itu dipastikan 90% tidak halal; 60% berasal dari babi dan sisanya dari hewan halal namun diolah dengan proses yang belum tentu halal.

Tentu untuk mengetahui suatu produk makanan mengandung gelatin halal atau tidak, membutuhkan dukungan laboratorium dan tenaga ahli. Bahkan saat ini produk halal di negara maju produk makanan tersebut dapat lebih jauh sudah dilakukan kodefikasi sehingga dengan mudah dapat terdeteksi proses kehalallannya produk tersebut, selanjutnya dapat diakses menggunakan aplikasi halal scan.

Indonesia yang mempunyai penduduk Muslim terbesar di dunia, mencapai 220 juta, atau sekitar 25% penduduk Muslim dunia, membutuhkan produk-produk makanan halal dari bahan baku dasar hingga produk akhir. Oleh karena itu Indonesia membutuhkan jumlah gelatin sebagai bahan baku makanan yang sangat besar. Konsumsi untuk makanan halal bagi Muslim di Indonesia pada tahun 2018 sebesar US \$173 milyar dan diperkirakan akan tumbuh sekitar 4,8% setiap tahun ditahun 2025 menjadi 248 menurut Laporan Ekonomi Islam Global 2019-2020.

Selama ini gelatin sebagai bahan baku makanan, kosmetik, farmasi merupakan produk import. Perusahaan yang memproduksi dan memperdagangkan gelatin juga sangat terbatas. Sudah waktunya Indonesia mempunyai dan mengambil peluang untuk memproduksi gelatin di Indonesia dengan memanfaatkan sumber-sumber bahan baku yang ada. Selain bahan baku seperti lemak kulit sapi dan kambing. Dari riset terakhir yang dikembangkan oleh Prof Irwandi Jaswir dari International Institute for Halal Research and Training (INHART), International Islamic University Malaysia (IIUM) menyatakan bahwa gelatin dapat dihasilkan dari bahan baku tulang dan sisik ikan terutama ikan nila yang banyak terdapat di wilayah Indonesia sebagai bahan baku gelatin.

5.1.2. Konsep Dasar Makanan Halal

Halal food telah menjadi trend global dan industri penting dewasa ini, hal ini disebabkan utamanya adalah kesadaran kolektif umat Muslim di seluruh dunia untuk menjalankan perintah sesuai ajaran agamanya, sebagaimana tertuang dalam Al-Quran Surah Al-Baqarah ayat 168 : "Wahai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah mengikuti langkah-langkah setan. Sesungguhnya setan adalah musuh yang nyata bagi kalian". Dalam ayat ini ditegaskan bahwa halal bukan hanya semata untuk kaum Muslim tetapi untuk seluruh umat manusia karena memiliki nilai manfaat kebaikan (rahmatan lil alamin).

Produk halal tidak hanya mengenai bahan baku produknya saja, tapi juga proses perjalanan dari hulu sampai hilir dari produk tersebut. Sebuah produk bisa dikatakan halal bila telah memenuhi syarat-syarat seperti proses mendapatkan bahan baku, proses pembuatan di pabrik, pengangkutan sampai dengan ke tangan konsumen. Proses dari hulu sampai hilir harus dijalankan secara jujur, terukur sehingga produk, tersebut bisa dikonsumsi oleh kaum muslimin sesuai dengan prinsip yang digariskan oleh Al-Quran.

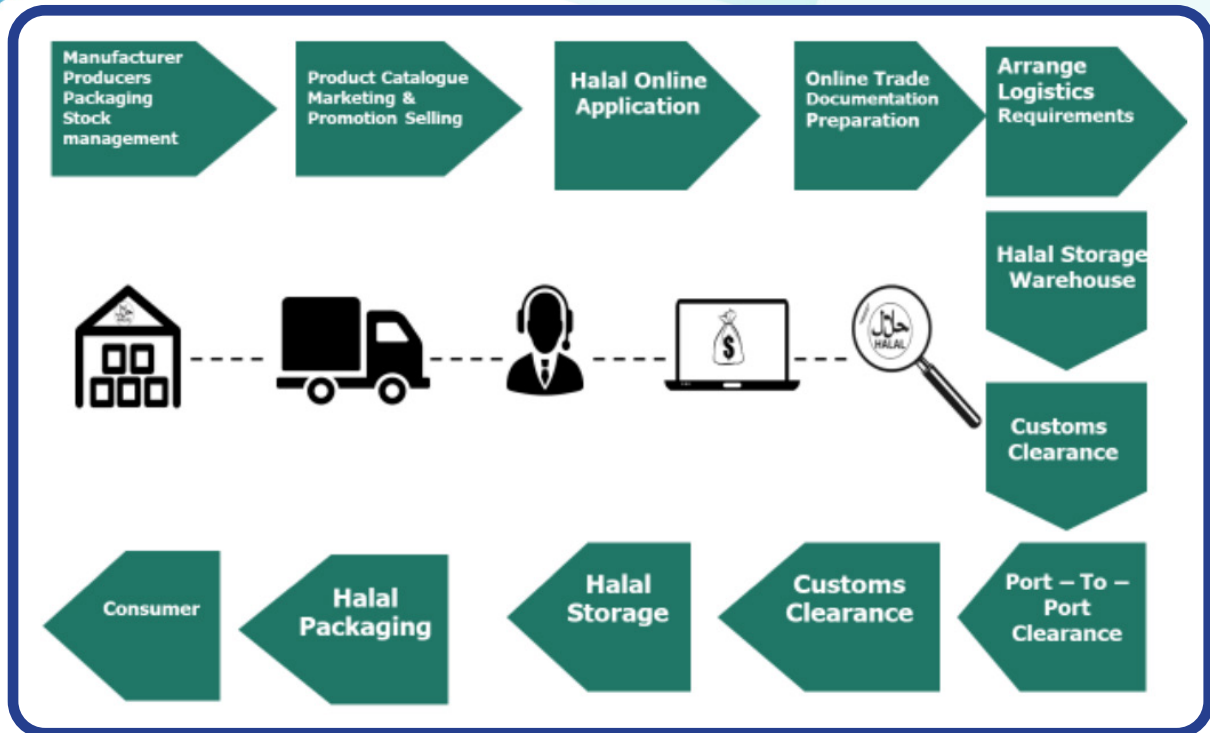
Pada hakekatnya menjamin suatu produk makanan halal, tidak sesederhana yang dibayangkan, tetapi juga tidak sesulit yang digambarkan oleh sebagian masyarakat. Di Indonesia masalah makanan halal masih sering dianggap sebagai hal yang biasa atau lumrah, persoalan sehari-hari. Mengapa? karena dengan jumlah penduduk muslim yang besar sehingga makanan, seperti di restoran padang, soto, bakso dan lain sebagainya yang terbiasa terkait dengan pemilik dan tampilan karyawan muslim dianggap pasti halal. Marco Tieman dalam jurnalnya "The Application of Halal in Supply Chain Management: In-depth Interviews" tahun 2011, menyebutkan bahwa rangkaian proses produk halal untuk bisa dikonsumsi oleh manusia harus melalui tahapan-tahapan yang disesuaikan dengan kaidah Islam Halal Supply Chain. Proses Halal Supply Chain ini bermanfaat untuk tetap menjaga produk-produk yang akan diproses menjadi produk halal tetap terjaga kehalalannya.

Selanjutnya, Tieman (2011) membagi tiga tingkat kehalalan suatu produk. Yang pertama halal yang diperoleh oleh masyarakat sebagai end product (produk akhir), yang dijumpai di pasar, mall dan toko retail. Konsumen mengetahui halal tidaknya produk melalui logo sertifikasi yang dikeluarkan Lembaga yang berwenang seperti MUI (Majelis Ulama Indonesia) atau Jakim (Malaysia), saat ini proses sertifikasi halal sudah ditangani oleh BPJPH (Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal) dengan fatwa yang diterbitkan oleh MUI.

Yang kedua, dari sisi proses produk halal (halal supply chain) yang disebut proses "from farm to fork" (dari bibit sampai dengan di meja restoran). Proses mulai dari pembuatan (manufacturing), packaging, logistic transportasi, pelabuhan, bahkan kontainer pengangkutnya harus halal dan tidak terkontaminasi dengan produk lain yang tidak halal.

Para konsumen muslim saat ini, makin membutuhkan produk-produk halal yang mempunyai nilai halal value chain, apalagi harganya kompetitif dengan produk-produk konvensional lainnya. Lebih dari itu bila produk halal food untuk tujuan dijual baik dalam negeri maupun luar negeri maka diperlukan rangkaian proses yang lebih terintegrasi "The Integrated Halal Trade" yang melibatkan external services, pelayanan dari pihak-pihak luar yang terkait, seperti yang terlihat pada gambar 22 berikut ini.





Gambar 22. Halal Supply Chain (Halal Development Center Malaysia)

Bila kita amati persoalan Halal Trade Supply Chain di atas adalah proses yang terintegrasi dari hulu hingga hilir. Tentu ini semua akan menjadi peluang bisnis besar. Belum lagi bila kita sedikit dalam pada produk makanan olahan, prosesnya sangat tergantung dari bahan baku campuran seperti pengawet, pengental dan juga kekenyalannya seperti gelatin, zat aditif, pewarna dan lain sebagainya.

5.1.3. Dimensi Ekonomi Halal Global

Dengan semakin meningkatnya kesadaran kaum Muslim akan kebutuhan makanan dan minuman halal, dan jumlah penduduk muslim yang sudah mencapai 1.8 milyar dengan pendapatan perkapita yang semakin meningkat, tentu jumlah kebutuhan konsumsi makanan halal juga semakin meningkat. Bila kita simak dari Laporan Global Islamic Economy 2019-2020 pada tahun 2018 The Global Muslim Market konsumsi pada sector makanannya mencapai 1,37 Billion Dolar atau 17% dari pasar global dan akan meningkat 18% di tahun 2024 sebesar 1,970 Bilion Dolar. Dari jumlah tersebut yang dikonsumsi oleh negara-negara non OIC sebesar 17% sedangkan negara OIC mengkonsumsi sebesar 84%. Yang menarik dari laporan tersebut bahwa Indonesia menempati urutan pertama Top Muslim Food Expenditure market (Tabel 19).

No	Negara	<i>Food Expenditure</i>
1	Indonesia	\$173
2	Turkey	\$135
3	Pakistan	\$119
4	Mesir	\$89
5	Bangladesh	\$82

Tabel 19. Top Muslim Consumer Food Expenditure Markets (2018 est., US\$ dalam bilion)

Sumber: The State of Global Islamic Economy Report 2019-2020

Dari data di atas, Indonesia merupakan pasar besar halal food sehingga menjadi incaran bagi pasar produk makanan dari berbagai negara seperti Thailand, Taiwan, Malaysia, Singapura bahkan Korea. Bahkan Brazil memproduksi bahan makanan halal berupa ayam dengan proses halal untuk diekspor ke Negara-negara OIC dengan nilai export mencapai US\$ 5.5 billion. Indonesia sebagai negara dengan penduduk muslim terbesar dunia (85% umat muslim dari 260 Juta jiwa), tentu berpotensi sebagai pasar produk makanan dan jasa halal.

5.1.4. Gelatin Sebagai Bahan Baku Produk Makanan, Kosmetik dan Farmasi

Sebagaimana digambarkan sebelumnya pada proses halal supply chain, banyak produk makanan, kosmetik dan obat-obatan agar menjadi produk yang sempurna untuk bahan campuran baik sebagai pengental, perekat maupun fungsi lainnya, dibutuhkan suatu produk yang dikenal dengan nama gelatin. Gelatin adalah zat kimia padat, tembus cahaya, tak berwarna, rapuh (jika kering), dan tak berasa. Gelatin merupakan senyawa turunan yang dihasilkan dari serabut kolagen jaringan penghubung, kulit, tulang dan tulang rawan yang dihidrolisis dengan asam atau basa, Gelatin diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen. Gelatin merupakan protein yang larut yang bisa bersifat sebagai gelling agent (bahan pembuat gel) atau sebagai non-gelling agent Ward and Courds (1977).

Sejalan dengan tumbuhnya industri makanan, kosmetik dan obat-obatan di Indonesia maka kebutuhan gelatin juga sangat meningkat, hal ini tidak hanya terkait dengan jumlah penduduk cukup besar 260 Juta yang 88% merupakan muslim tetapi juga pendapatan per-kapita yang tergolong tinggi terhadap produk-produk makanan dan makanan olahan.

Dewasa ini gelatin di Indonesia sebagian besar merupakan produk import ada sekitar 5 juta kilogram gelatin impor setiap tahun dan kecenderungannya meningkat sekitar 3% per tahun. Seperti tertera pada tabel 20 dibawah ini.

Tahun	Impor Gelatin (kg)*	Nilai (Rp)	Makanan Impor yang mengandung Gelatin (kg)	Nilai (Rp)
2015	4.678.185	507 milyar	13.403.070	501 milyar
2016	5.259.445	505 milyar	19.658.965	574 milyar
2017	4.654.788	412 milyar	16.576.796	599 milyar
2018	5.720.773	444 milyar	15.992.024	663 milyar

Tabel 20. Data impor gelatin 2015 - 2018 (Sumber: Badan Pusat Statistik 2020)

Bagaimanapun dari sisi supply di Indonesia hanya ada 2 perusahaan di yang memproduksi gelatin secara lokal, yaitu PT EMS Gelatine Indonesia dan CV Multi Ekstraksi (Jurnal Akuntansi, Kewirausahaan, dan Bisnis, 2016). Sangat jauh dari kebutuhan industry di Indonesia, oleh karena itu supply gelatin masih dipengaruhi oleh pemasok international seperti Nitta Gelatin, Gelita, PB Leiner, Rousselot, Sterling Biotech dan Weishardt.

Tentu produk supplier international lebih murah bila produk tersebut di produksi di Indonesia selanjutnya bahan material yang digunakan dan prosesnya halal. Produksi gelatin ini tidak hanya merupakan peluang untuk pasar Indonesia yang relatif cukup besar tetapi juga ada peluang nyata untuk memenuhi permintaan global oleh karena saat ini hanya 3% gelatin di pasar global yang bersertifikat halal (Cochrane, Paul 2016).

- Sektor kosmetik halal, US \$ 12,6 miliar, menyumbang sekitar 2,3 persen dari pasar kosmetik global US \$ 532,43 miliar, yang diperkirakan akan mencapai US \$ 805,61 miliar pada 2023
- Tantangan skala terbatas sangat akut di kawasan Asia Pasifik, mencakup 73 persen produk kosmetik halal baru yang diluncurkan antara 2014-2016, dan 35 persen pangsa pendapatan global pada 2016
- Impor gelatin ke Wilayah OIC yang bernilai US \$ 99,6 Juta pada 2017.

Ada perkembangan yang menjanjikan di beberapa Negara-negara OIC, tetapi dengan peluang untuk berinvestasi diantaranya AJ Pharma dari Saudi Arabia telah berinvestasi dalam pengembangan vaksin halal di Malaysia.

Shanghai Al-Amin Biotechnology Co. (AminBio), salah satu produsen makanan halal China, akan menginvestasikan US \$ 24,6 juta (RM100 juta) di fasilitas Malaysia untuk memproduksi 3.000 ton gelatin halal per tahun. Malaysia sebagai salah satu produsen farmasi OKI teratas, mengalami kekurangan gelatin halal 2.000 ton pada tahun 2017.

5.1.5. Ikan Sebagai Bahan Baku Alternatif

Gelatin yang didistribusikan ke seluruh dunia sebagian besar dibuat oleh kulit dan tulang mamalia. Karena itu gelatin yang dibuat oleh babi relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan baku lainnya seperti kulit sapi, kambing, unta dan ikan. Masalahnya adalah biaya produksi dan ketersediaan bahan baku di Indonesia.

Salah satu pakar di industri sains halal yaitu Professor Irwandi Jaswir dan rekan-rekan peneliti dari International Institute for Halal research and Training (INHART) Malaysia juga telah melakukan studi ekstensif untuk mengeksplorasi ikan sebagai sumber baru gelatin halal. Saat ini, produksi gelatin ikan di dunia sangat minim dibandingkan dengan jenis gelatin lainnya. Ini menghasilkan hanya sekitar 1% dari produksi gelatin dunia 270.000 metrik ton (Jamilah & Harvinder, 2002). Wabah penyakit sapi gila / BSE (bovine spongiform encephalopathy) barubaru ini telah menyebabkan peningkatan permintaan terus-menerus untuk gelatin non-mamalia dan kemudian meningkatkan permintaan dan minat untuk gelatin berasal dari ikan.

Permintaan konsumen muslim untuk gelatin yang memenuhi persyaratan halal juga meningkatkan tuntutan gelatin ikan. Namun, hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa kualitas gelatin ikan, secara umum, tidak sebanding dengan bahan baku dari sapi dan kambing. Indonesia mempunyai persediaan ikan yang cukup banyak, bahkan jenis ikan yang cocok untuk dijadikan bahan baku gelatin adalah jenis ikan Nila, karena mempunyai kekenyalan kulit yang sangat tinggi. ikan nila relatif mudah ditemukan, terutama di daerah Wonogiri, Semarang hingga di Jawa Barat.

Dari studi dan riset yang dilakukan penggunaan bahan baku ikan agar dapat harga jual yang kompetitif, harus dilakukan mix atau campuran dari bahan baku lain seperti sapi dan kambing. Sebaiknya bila kita menggunakan hanya dari sapi dan kambing maka harga akan relatif lebih mahal dengan produk impor atau sama.

Sementara ini dari hasil penilitan yang di lakukan para ahli ikan Nila dapat memenuhi produksi gelatin, baik kuantitatif maupun kualitatif. Selain itu hasil dari budi daya ikan nila masih dilakukan dengan budi daya ikan lainnya. Sumber gelatin dan hasilnya disajikan pada tabel 21 berikut.

Type of Fish	Yield of Gelatin
Grouper	68,47% of fish skin weight or 3,68% of total fish weight
Mackerel	67,82% of fish skin weight or 2,04% of total fish weight
Jenahak	55,21% of fish skin weight or 1,82% of total fish weight
Keris	43,57% of fish skin weight or 1,71% of total fish weight

Part of Animal	Yield of Gelatin
Fish scale	61%
Cow skin	26%
Goat skin	23%

Tabel 21. Sumber gelatin dan hasilnya dari beberapa jenis ikan
Sumber: International Food Research Journal, 2009

5.1.6. Perhitungan Ekonomis Produksi Gelatin

Studi mengenai gelatin dilakukan dengan memperhatikan dan berdasarkan kebutuhan gelatin Indonesia yang berasal dari impor. Dari data BPS (2018) Indonesia telah mengimpor gelatin sebanyak 4 juta Kg per tahun, atau sekitar 11 tons gelatin per hari (360 hari/ tahun produksi).

Dalam data di atas hanya membatasi bagi 45% market atau kebutuhan gelatin di Indonesia, sehingga hanya membutuhkan kapasitas produksi sekitar 5 ton gelatin per hari. Dalam satu tahun total produksi adalah sebanyak 1800 ton (5 ton x 360 hari). Jumlah produksi ini dinilai sangat ekonomis dan prospek dari sisi peluang bisnis. Bila melihat harga internasional (alibaba.com) harga pabrik sekitar Rp 7500 per kg maka perolehan produksi sekitar Rp 135 juta dengan full kapasitas produksi.

Di Indonesia bahan baku relatif terbatas bukan saja karena tidak tersedia bahan tersebut, terutama kulit dan tulang sapi, tetapi banyak digunakan untuk keperluan makanan lain yang harganya cukup kompetitif. Demikian juga kulit dan tulang kambing di Indonesia sangat populer untuk kebutuhan makanan sehari-hari masyarakat.

Kebutuhan bahan baku tersebut juga tentu membutuhkan ongkos transportasi, oleh karena keterbatasan bahan baku tersebut, studi ini melakukan option skenario dengan menggunakan bahan baku dari sapi, kambing dan ikan (Tabel 22).

1. Skenario A hanya menggunakan bahan baku Ikan
2. Skenario B hanya menggunakan bahan baku Sapi
3. Skenario C hanya menggunakan bahan baku Kambing
4. Skenario D menggunakan bahan baku campuran (15% Ikan, 80% Sapi dan 15% Kambing).

Production Capacity	5 tons/day = 150 tons/month			
	Selling Price		IDR 75.000	
	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
Fixed Costs				
Machine Depreciation	306.755.729	306.755.729	306.755.729	306.755.729
Truck Depreciation	10.640.625	17.734.375	21.281.250	17.734.375
Maintenance	147.242.750	147.242.750	147.242.750	147.242.750
Direct Labor	127.054.785	127.054.785	127.054.785	127.054.785
Building Depreciation	104.166.667	104.166.667	104.166.667	104.166.667
	695.860.556	702.954.306	706.501.181	702.954.306
Variable Costs				
Raw Material	3.934.426.230	4.615.384.615	7.826.086.957	4.673.775.975
Electricity	165.000.000	165.000.000	165.000.000	165.000.000
Transportation (Solar)	180.000.000	300.000.000	360.000.000	300.000.000
Packaging	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000
Other Costs	506.528.679	587.333.892	914.758.814	593.173.028
	4.875.954.908	5.757.718.508	9.355.845.770	5.821.949.003
Total costs per month	5.571.815.464	6.460.672.813	10.062.346.951	6.524.903.308
Total costs per day	185.727.182	215.355.760	335.411.565	217.496.777
COGS per kg	37.145	43.071	67.082	43.499

Gross Profit Margin	Gross Profit Margin	Gross Profit Margin	Gross Profit Margin
37.855	31.929	7.918	31.501
GPM Ratio	GPM Ratio	GPM Ratio	GPM Ratio
50%	43%	11%	42%

Tabel 22. Skenario penggunaan bahan baku pabrik gelatin

Berdasarkan tabel dan informasi lain di atas, dapat kita simpulkan :

1. Skenario A di mana kita menggunakan semua bahan baku dari kulit ikan akan menghasilkan lebih banyak pendapatan daripada skenario lain dengan Rasio Margin Laba Kotor 50%. Hasilnya adalah karena hasil dari sisik dan kulit ikan (61%) jauh di atas yang lain (kulit sapi 26%, kulit kambing 23%). Berdasarkan penelitian, skenario ini masih bisa dieksekusi bila ketersediaan bahan baku yang banyak.
2. Skenario B di mana kita menggunakan semua bahan baku dari kulit sapi adalah pilihan terbaik jika perusahaan memilih kualitas gelatin yang lebih baik (kekuatan gel dari mamalia lebih tinggi daripada ikan) akan tetapi harga dari bahan baku dari sapi relatif tinggi karena banyak dibutuhkan untuk konsumsi bahan makanan lain yang harganya cukup kompetitif. Skenario ini juga dapat dilaksanakan karena ada banyak bahan baku.
3. Untuk Skenario C, dengan bahan baku dari kambing tidak banyak menghasilkan keuntungan, tetapi juga ketersediaan bahan baku yang juga langka. Oleh karena itu, skenario ini tidak mungkin dilakukan.
4. Dalam Skenario D, kemudian dicoba untuk mencampur bahan baku dari berbagai jenis dengan perkiraan persentase (kulit ikan 15%, kulit sapi 80%, kulit kambing 5%) berdasarkan ketersediaan bahan baku dan hasilnya adalah 42% laba kotor rasio margin. Jika perusahaan tidak ingin bergantung pada satu jenis pemasok kulit saja, perusahaan dapat memilih opsi ini. Persentase campuran masih dapat diubah untuk mendapatkan margin keuntungan yang lebih tinggi. Namun, disarankan untuk mengubah persentase kulit ikan dan kulit sapi (karena

data ketersediaan kulit ikan hanya menggunakan ikan nila, oleh karena itu, ada kemungkinan lebih banyak kulit ikan tersedia).

Dimasa yang akan datang bila sudah tersedia jumlah bahan baku dari ikan yang lebih besar maka prospek pemanfaatan ikan sebagai bahan baku gelatin dari ikan akan memperoleh keuntungan yang lebih besar. Apalagi budi daya ikan di Indonesia relatif mudah, hanya untuk saat ini belum dikelola dengan optimal dan terintegrasi.

5.1.7. Kesimpulan dan Rekomendasi

1. Saat ini halal food tidak saja menjadi sekedar kebutuhan kaum muslimin Indonesia dan dunia tetapi sudah menjadi peluang bisnis dan ekonomi bagi semua orang. Seperti yang ditulis oleh Dinar Standard dalam Laporan Ekonomi Islam Global 2019-2020 bahwa jumlah pengeluaran untuk makanan halal bagi kaum muslim dunia pada tahun 2018 sebesar US 1.37 Triliun dan diperkirakan akan meningkat menjadi US 1.97 Triliun di tahun 2024. Dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 6.3% (CAGR). Hal ini tidak hanya disebabkan oleh karena pertumbuhan penduduk muslim di dunia (saat ini mencapai 1,8 Milyar orang) tetapi juga adanya pertumbuhan GDP dan pendapatan per kapita serta ditambah muslim kelas menengah di negara-negara penduduk mayoritas muslim meningkat.
2. Indonesia sebagai negara muslim terbesar, konsumsi produk makanan olahan dan jasa halal di tahun 2017 sebesar US 218,8 Juta, terutama dari sektor makanan, produk olahan minuman, selain itu tentu saja sektor kosmetik dan farmasi. Menurut data yang disusun oleh Indonesia Halal Lifestyle Center dan Dinar Standard dalam Indonesia Halal Economy and Strategy Roadmap 2018/2019, jumlah pengeluaran untuk makanan ialah US \$170,2 Juta, fesyen US \$20 Juta, pariwisata halal US \$10 Juta, Farmasi US \$5,2 Juta, Kosmetik US \$3,9 Juta dan media rekreasi US \$9,6 Juta.
3. Sebagai bahan baku utama produk olahan yang banyak dikonsumsi masyarakat di Indonesia dan dunia seperti ice cream, yoghurt, coklat, termasuk kosmetik bahan obat-obatan adalah dengan bahan baku gelatin, dimana gelatin sebagian besar tidak halal bahan bakunya atau diproses dengan tidak halal (Jaswir, 2021). Oleh karena itu dalam penelitiannya Prof. Irwandi menjelaskan bahwa bahan baku gelatin selain berasal dari kulit sapi, kambing dan unta, dapat juga diproduksi dengan bahan baku dari sisik dan tulang ikan nila yang terdapat dalam jumlah besar dan dibudi dayakan di Indonesia
4. Setelah dilakukan penelitian dengan seksama termasuk dari berbagai aspek ekonomis, pembuatan gelatin dengan hanya ikan belum ekonomis oleh karena itu saat ini harus dilakukan dengan model atau skema mix/ campuran terutama bahan yang dari ikan, sapi dan kambing. Dengan model campuran ini gelatin yang dihasilkan memperoleh keuntungan dengan margin 42%. Bahkan diperkirakan investasi akan mempunyai masa pengembalian atau pay back period sekitar 3-4 tahun dibandingkan dengan model bahan baku kambing saja, sapi saja dan ikan yang mempunyai margin keuntungan yang lebih rendah.

5. Prospek industri gelatin ini tidak hanya untuk konsumsi Indonesia saja, tetapi bisa dipasarkan secara global. Saat ini menurut catatan (Cochrane, Paul 2016) baru 3% kebutuhan gelatin dunia yang mempunyai sertifikat halal.
6. Dengan menggunakan Ikan sebagai bahan dasar gelatin Indonesia juga bisa menjadi pionner produsen gelatin berbasis ikan dan meningkatkan budi daya ikan khususnya ikan nila yang dagingnya dapat dikonsumsi oleh masyarakat.
7. Pandemi virus Covid-19 ini harus menjadi peringatan dan pelajaran bagi kaum muslimin dan bagi manusia untuk mengkonsumsi makanan halal dan menjauhi makanan yang berasal dari hewan yang diharamkan agama islam. Karena makanan halal diyakini sebagai healthy food dan safety food yang pada akhirnya mendorong industri makanan halal. Insya Allah.

5.2. Ketertelusuran Halal

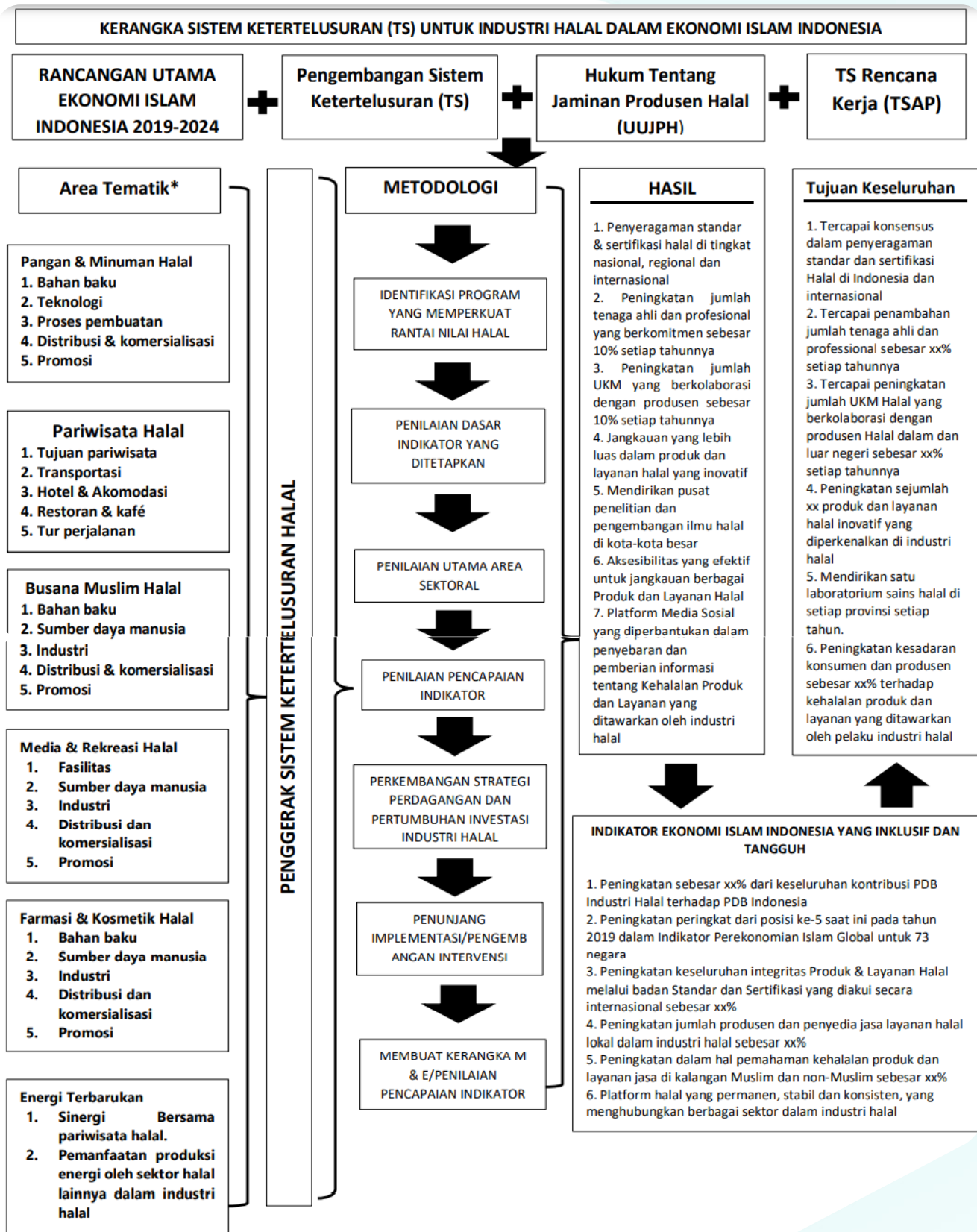
Kerangka Sistem Ketertelusuran (TS) dikembangkan dengan premis bahwa industri halal dianggap sebagai infrastruktur lengkap yang mencakup seluruh jaringan bisnis, institusi, hingga organisasi pemerintah dan non-pemerintah baik di tingkat nasional maupun internasional.

Untuk mewujudkan Visi “Indonesia Mandiri, Sejahtera dan Beradab sebagai Pusat Ekonomi Islam Terkemuka di Dunia”, kerangka kerja TS bertujuan untuk meningkatkan upaya berbagai industri dalam ekosistem halal untuk meningkatkan integritas halal dan memastikan bahwa TS adalah bagian dari manajemen logistik yang memperoleh, menyimpan dan mengirimkan informasi yang memadai tentang zat atau bahan yang terlibat dalam proses di semua tahapan dalam rantai pasokan sehingga produk dapat diperiksa dari segi keamanan dan kendali mutu, yang prosesnya dapat ditelusuri baik sebelum dan sesudahnya kapan pun diperlukan. Dengan dukungan ekonomi syariah digital berupa ekonomi digital dan perkembangan industri 4.0, keberhasilan implementasi TS berpotensi untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi syariah dan memposisikan Indonesia sebagai Pusat Ekonomi Islam Terkemuka di Dunia yang berkembang pesat.

Kerangka TS juga akan menjelaskan kemungkinan ruang lingkup intensifikasi kerjasama, yaitu diantaranya dalam hal memajukan transfer teknologi dan inovasi teknologi, penetapan kapasitas, jaringan dan kolaborasi di antara para pemangku kepentingan.

Draf kerangka kerja dapat digambarkan dan dijelaskan secara detil seperti yang terlihat pada Gambar 23.

Gambar 23. Rancangan Kerangka Sistem Penelusuran untuk Enam Kluster Industri Pangan Halal yang dikategorikan oleh IEM 2019 - 2024



Tabel 23. Rincian Area Tematik Utama

Pengembangan Sistem Ketertelusuran (Tsd)	Penggerak Pengembangan Sistem Ketertelusuran Halal
Pangan & minuman halal	Sektor pendukung
Pariwisata halal	1. Akademi halal 2. Sistem logistik halal
Fesyen muslim	3. Supermarket halal 4. Sistem inspeksi, verifikasi & pembersihan halal
Media & rekreasi halal	5. Perubahan gaya hidup islami bagi muslim 6. Sistem keuangan secara islam
Kosmetik & farmasi halal	A. Sistem penyelesaian dan pembayaran elektronik secara halal
Energi terbarukan	B. Pertukaran takaful C. Pertukaran rahnu D. Pertukaran wakaf E. Pengumpulan zakat 7. Pusat penunjang perdagangan & investasi indonesia 8. Penelitian dan pengembangan 9. Peraturan yang diberlakukan Fasilitator Sistem ketertelusuran didukung oleh ict connectivity enablers seperti teknologi augmented reality (ar), financial technology (fintech), internet of things (iot), big data, e-commerce, artificial intelligence (ai), integrasi sistem, dan fasilitas cloud serta teknologi blockchain

Seperti yang dijelaskan pada Tabel 23, kerangka TSD menggambarkan dengan rinci Area Tematik yang akan dilakukan untuk mewujudkan Visi yang telah ditetapkan, yang terdiri dari beberapa Area Prioritas utama yang selanjutnya terbagi menjadi beberapa program. Setiap program selanjutnya terbagi lagi menjadi beberapa sektor yang teridentifikasi secara signifikan dalam perancangan berbagai proyek yang dilaksanakan di tiap sektor. Penggerak TSD meningkatkan keberhasilan pelaksanaan proyek di bawah Kerangka TSD dan memacu pertumbuhan ekonomi regional di bidang produk dan layanan halal. Untuk mewujudkan maksud dan tujuan tersebut, para pemangku kepentingan akan melakukan strategi sebagai berikut:

1. Mempersempit kesenjangan praktik pembuatan Sertifikasi Halal dengan memperkuat aturan yang berlaku pada Undang-Undang Jaminan Produsen Halal (UUJPH)
2. Mengembangkan Kurikulum Halal
3. Meningkatkan keahlian dalam bidang ilmu Halal dan mengadakan program pertukaran ilmu di kalangan praktisi/tenaga ahli Halal
4. Mendorong lebih banyak kolaborasi antara UKM Halal dengan perusahaan besar lokal serta multinasional
5. Menggalakkan acara promosi perdagangan yang terkait dengan Halal baik di dalam negeri maupun luar negeri
6. Memberikan pengetahuan tentang Halal kepada pelaku industri
7. Meningkatkan efisiensi proses sertifikasi Halal
8. Kolaborasi lintas sektor dalam akses informasi

Strategi implementasi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengintensifkan persiapan dan implementasi TSAP
2. Memberikan penilaian terhadap implikasi lingkungan bisnis eksternal yang tidak stabil terhadap realisasi pertumbuhan perdagangan dan investasi dalam industri halal.
3. Menetapkan perubahan-perubahan aturan/prosedur secara signifikan yang berfokus pada tujuan dan dampaknya, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.
4. Mengidentifikasi strategi sektoral jangka menengah dengan area yang berfokus pada prioritas.

Mekanisme implementasi yang diusulkan untuk mewujudkan kerangka TSD:

1. Kepatuhan terhadap UU Jaminan Produsen Halal (UU JPH) dengan pengawasan dan pemantauan secara berkesinambungan terhadap TS Rantai Nilai Halal.
2. Mengaktifkan departemen/sekretariat dalam implementasi kerangka TS, yang berlaku bagi pelaku industri dalam industri halal
3. Struktur sistematis dalam kolaborasi pemangku kepentingan di semua tingkatan secara nasional hingga lokal.
4. Investasi Kemitraan Pemerintah Swasta (KPS)/Public Private Partnership (P3) dalam industri halal untuk mendorong pertumbuhan yang konstan dan Rantai Nilai Halal yang berkelanjutan.

Untuk menentukan kondisi awal/baseline pada enam klaster yang ditentukan dalam industri halal, pengumpulan informasi dilakukan oleh para ahli di bidangnya terkait dengan enam klaster tersebut dengan menggunakan metode baik kuantitatif maupun kualitatif. Gabungan hasil kuisioner dan kajian pustaka dari berbagai sumber yang relevan tersebut lalu dianalisis. Hasil analisis kemudian dikukuhkan dalam sebuah seminar yang diadakan oleh kementerian yang ditunjuk oleh pemerintah Indonesia. Hasil seminar akan diputuskan berdasarkan masukan dari anggota, area prioritas, program, sektor, dan pelaksanaan proyek. Pertemuan juga akan dilakukan oleh negara-negara dari negara mayoritas Muslim serta negara minoritas Muslim melalui diskusi yang panjang untuk memperoleh masukan berkaitan dengan kolaborasi dan kerjasama dalam implementasi sistem ketertelusuran halal (halal traceability).

5.3. Sensor: Analisis Lemak Babi Menggunakan Portable E-Nose

5.3.1. Pendahuluan

Lard adalah lemak babi yang berasal dari jaringan adiposanya dan sering digunakan dalam produksi makanan sebagai emulsi, shortening, atau sebagai pengganti mentega, margarin atau minyak goreng. Ajaran agama Islam dan yahudi melarang konsumsi turunan babi dalam bentuk apapun. Selain itu, lemak babi menjadi pilihan yang umum untuk pemalsuan karena harga murah pasarnya yang dan ketersediaannya yang mudah menjadi perhatian. Oleh karena itu, deteksi pemalsuan tersebut sangat penting.

Beberapa metode dan perangkat telah dikembangkan untuk deteksi senyawa lemak babi dalam makanan. Polymerase Chain Reaction (PCR), Gas Chromatography (GC), Gas Chromatography ditambah dengan Mass Spectrometry (GCMS), Differential Scanning Calorimetry (DSC), dan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah beberapa yang umum dipraktikkan. FTIR adalah alat analisis yang paling umum digunakan dalam mendeteksi pemalsuan lemak babi dalam makanan dan minyak nabati. Beberapa temuan penelitian tentang lemak babi pemalsuan dilaporkan baik dengan mencampurkan lemak babi dengan lemak hewani lainnya atau memalsukan lemak babi dalam makanan. Keterbatasan deteksi lemak babi menggunakan spektroskopi FTIR diidentifikasi di Rohman et.al (2011). Pada dasarnya, lemak babi memiliki mirip spektrum IR yang dengan lemak hewani dan minyak nabati lainnya karena mereka tersusun dengan (triacylglycerol) TAG, dengan panjang asam lemak yang berbeda. Pekerjaan lain pada FTIR melaporkan bahwa akurasi klasifikasi lemak babi yang dipalsukan dalam minyak kelapa murni menggunakan Spektroskopi FTIR dengan Partial Least Square dan analisis diskriminan bisa mencapai 100% akurat. Metode analisis yang diterapkan dapat mendeteksi 1% lemak babi dalam campuran. Meskipun FTIR adalah metode umum untuk mendeteksi campuran lemak babi dengan lemak hewani lainnya serta pemalsuan dalam produk makanan, namun memerlukan peralatan skala laboratorium. Oleh karena itu, ini bukan metode yang menawarkan portabilitas.

Masing-masing metode tersebut di atas memiliki kekurangan yang meliputi tetapi tidak terbatas pada kebutuhan mereka untuk pasokan daya tinggi, operator terampil khusus, persyaratan untuk lingkungan yang terkendali seperti laboratorium

untuk pengujian, ukuran besar dan biaya tinggi. Electronic nose (E-nose) berfungsi seperti hidung biologis dalam mengenali jenis uap yang menyentuh reseptornya. Reseptor dalam electronic nose adalah sensornya yang dapat dipilih untuk mendeteksi bau yang diinginkan. Secara umum, electronic nose adalah kombinasi dari sistem pengiriman bau, sensor (array), akuisisi data dan unit analisis data. Hidung elektronik memiliki berbagai aplikasi dalam lingkungan dan medis penelitian. Mereka juga memainkan peran penting dalam makanan industri. Beberapa aplikasi hidung elektronik termasuk mendeteksi berbagai rasa susu, daging, teh, daging sapi busuk, dan ikan busuk.

Sampai saat ini, belum ada E-Nose portabel yang dirancang khusus untuk mendeteksi lemak babi. E-Nose portabel yang dikembangkan memiliki potensi untuk menjadi perangkat yang handal dan terjangkau untuk deteksi lemak babi secara cepat.

5.3.2. Perangkat Desain

5.3.2.1. Fitur

Versi E-Nose digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sensor tunggal logam oksida gas, mikrokontroler AVR, sirkuit pengkondisian sinyal, modul power supply, pelatier untuk memanaskan sampel, modul display dan penggemar aksial untuk mengontrol aliran udara. Arsitektur umum ditunjukkan pada gambar 1. Sensor gas yang digunakan dipilih agar peka terhadap senyawa organik volatil (VOC).

5.3.2.2. Pemilihan Sensor

Lemak hewani memiliki beberapa komposisi kimia yang sebagian besar mengandung TAG. Faktanya, lemak memiliki senyawa asam lemak yang sama tetapi berbeda konsentrasinya. Analisis lemak/minyak dimungkinkan dengan memfokuskan pada komponen lipid karena lemak termasuk dalam kelompok zat biologis yang disebut lipid. Trigliserida adalah senyawa kimia yang terbentuk dari satu molekul gliserol dan tiga asam lemak. Trigliserida merupakan penyusun utama lemak hewani termasuk lemak babi. Selain itu, lemak babi terutama terdiri dari asam lemak jenuh].

Komposisi dan klasifikasi lemak babi diuraikan dan dilaporkan bahwa lemak babi mengandung hingga 10% asam linoleat dan sejumlah kecil asam arakidonat, yang termasuk dalam kelompok asam lemak tak jenuh. Studi lain pada lemak babi pemalsuan menggunakan spektroskopi FTIR mengakibatkan mengidentifikasi kedua kelompok asil jenuh dan asil oleat kelompok dalam lemak babi.

Sensor gas yang dipilih untuk penelitian ini mampu mendeteksi VOC dengan cepat. Sensor gas oksida logam biasanya digunakan dalam hidung elektronik untuk berbagai aplikasi termasuk kontrol kualitas pemalsuan daging babi dan sebagai sensor formaldehida Bahan

penginderaan yang digunakan pada oksida logam sensor adalah Tin dioksida [SnO₂] dan tungsten trioksida [WO₃] karena kedua bahan tersebut diklaim sangat sensitif terhadap berbagai jenis senyawa volatil.

Pemilihan sensor didasarkan pada literatur, yang mencantumkan senyawa kimia yang ditemukan dalam lemak babi. Berdasarkan penelitian, dekanal adalah senyawa kimia yang ditemukan berlimpah dalam lemak tetapi tidak hadir secara signifikan di lemak ayam dan lemak sapi. Tabel 24 mencantumkan konten dekanal dalam lemak yang diinginkan dalam hal indeks Kovats. Serangkaian percobaan yang telah dilakukan, mengungkapkan bahwa kedua bahan penginderaan yang digunakan dalam sensor oksida logam sensitif terhadap keberadaan aldehida. Studi ini menyelidiki efek aldehida ketika terkena sensor oksida logam berbasis. Terungkap bahwa dekanal, suatu aldehida, memberikan perubahan sinyal yang signifikan ketika terkena sensor. Dengan demikian sensor yang dipilih diharapkan secara signifikan lebih sensitif terhadap lemak babi daripada lemak lainnya.

Sensor yang digunakan dalam kasus tersebut dilapisi dengan lapisan SnO₂. Pertukaran molekul oksigen karena reaksi molekul bau sampel dan penginderaan lapisan berlangsung dalam proses identifikasi. Pertukaran ini mengubah konduktivitas listrik sensor dan direkam

Tabel 24. Profil dekanal diukur dalam indeks Kovats

Lemak Hewan	Dekanal (tanpa dimensi)
Lemak babi	17 444
Ayam	586
Lemak sapi	408.5

Sensor yang dipilih juga mengkonsumsi daya rendah dan berukuran kecil. Sifat-sifat sensor ini berkontribusi terhadap portabilitas E-Nose.

5.3.3. Percobaan

1. Persiapan Sampel

Jaringan adiposa dari berbagai bagian babi (lemak babi), sapi (sapi) dan ayam yang disembelih diperoleh dari pasar lokal. Jaringan dipotong kecil-kecil, dilelehkan pada suhu 75°C, dan disaring melalui kain muslin yang dilipat tiga kali. Sampel yang telah disaring dimasukkan melalui centrifuge untuk memungkinkan lemak naik. Lemak yang dipisahkan dikumpulkan dan disimpan dalam wadah tertutup rapat di bawah selimut nitrogen di lemari es untuk analisis selanjutnya. Preparasi sampel dilakukan dengan sengaja tanpa penambahan bahan kimia apapun. Penambahan bahan kimia akan mengubah sifat asli sampel.

2. Pengaruh Suhu

Diketahui dalam kimia analitik bahwa perubahan suhu sampel menyebabkan perubahan struktur kimia. Zat organik seperti lemak sensitif terhadap suhu. Perubahan suhu yang diterapkan pada sampel lemak menyiratkan perubahan sifat fisik dan kimianya.

Sifat kimia akan berubah karena reaksi radikal yang dipicu oleh pemutusan dan pembentukan ikatan baru. Reaksi radikal terjadi dalam tiga tahap yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi, yang masing-masing tergantung pada konsentrasi molekul dalam sampel. Perbandingan profil minyak dari lemak yang berbeda membuktikan bahwa keempat lemak yang diperiksa, termasuk daging sapi, ayam, domba dan lemak babi memiliki komponen asam lemak yang sama tetapi konsentrasi yang berbeda. Studi yang sama menunjukkan bahwa konsentrasi asam lemak menentukan jenis lemak dan sifat kimia dan fisiknya.

Untuk memahami pengaruh suhu dan apakah akan ada perubahan pada bau yang dihasilkan, percobaan dilakukan pada tingkat suhu yang berbeda yaitu pada suhu 40°C, 50°C dan 60°C.

3. Proses Pemindaian

Sampel lemak dapat dipindai dengan menempatkannya di ruang pemanas perangkat. Asap bau yang dihasilkan ditransfer ke ruang penginderaan menggunakan kipas aksial. Pada laju pengambilan sampel 2 hertz, pengujian berjalan selama 1 menit. Data yang dikumpulkan disimpan di memori perangkat.

4. Pre-processing

Electronic nose diketahui mengalami noise dan drift. Oleh karena itu, selain menggunakan pemfilteran berbasis perangkat lunak, data yang dikumpulkan juga mengkompensasi kebisingan dan penyimpangan.

5. Pasca-pemrosesan

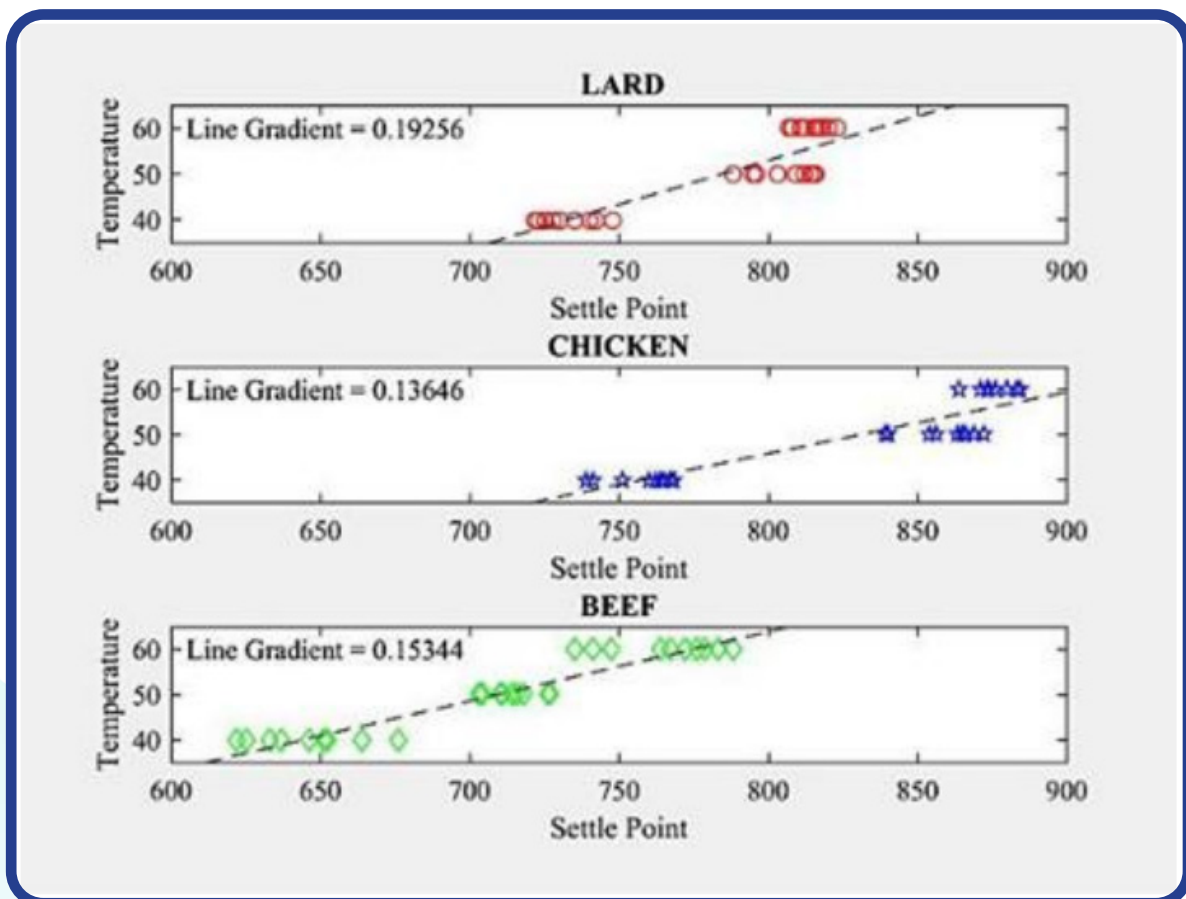
Kumpulan data berlabel yang dikumpulkan memiliki dua fitur untuk setiap pengamatan, titik setel dan suhu. Dalam pasca-pemrosesan, kumpulan data yang terbentuk dimasukkan melalui analisis statistik dan berbagai pengklasifikasi untuk mencapai hasil. Semua pasca-pemrosesan dilakukan secara offline di komputer desktop.

6. Proses pembersihan

Diyakini bahwa gas nitrogen dalam beberapa percobaan diperlukan untuk "menghilangkan" bau dari E-Nose karena beberapa gas meninggalkan bau yang sangat kuat dan menyengat. Namun, dalam penelitian ini prinsip "Sniff and Purge" yang menggunakan udara ambien sebagai "pembersih" untuk membersihkan sensor setelah setiap pembacaan diterapkan. Udara sekitar cukup untuk membersihkan sensor serta ruang dan hasil akhir tidak terpengaruh.

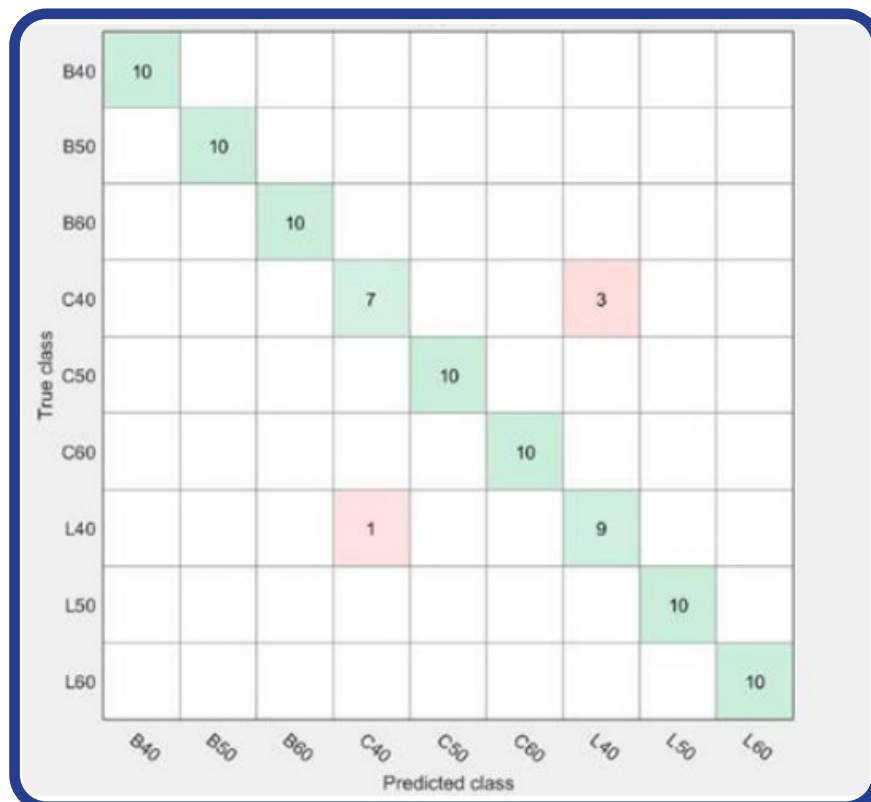
5.3.4. Hasil Kajian

Dataset terdiri dari 9 kelas unik dari 3 jenis lemak masing-masing dipercobakan dengan 3 suhu yang berbeda. Setiap kelas terdiri dari 10 observasi. Setiap kelas diwakili dalam plot dengan simbol unik dan singkatan di mana huruf "L" mewakili sampel lemak babi, "C" mewakili sampel lemak ayam dan "B" mewakili sampel lemak sapi. Angka 40, 50 dan 60 setelah huruf mewakili suhu dalam derajat Celcius. Tiga warna, merah untuk lemak babi, biru untuk lemak ayam dan hijau untuk lemak sapi telah digunakan untuk membantu memvisualisasikan plot. Plot pencar menunjukkan dua fitur - suhu dan penyelesaian titik. Suhu menyiratkan suhu peltier saat pengujian masing-masing dilakukan. Settle Point menandakan respon keseluruhan dari sensor ENose bebas dari drift dan noise. Keterpisahan yang jelas dapat dilihat secara keseluruhan di plot kecuali kelas "L40" dan "C40" di mana tidak ada tumpang tindih. Kejelasan dalam keterpisahan ini membuktikan potensi E-Nose untuk membedakan antara ketiga lemak dan mengidentifikasi lemak babi. Struktur kimia lemak ayam sangat mirip dengan lemak babi dan penelitian yang dilakukan dengan teknik lain juga telah membuktikannya (Gambar 24).



Gambar 24. Respon terhadap perubahan suhu

Seperti disebutkan sebelumnya, suhu diperkirakan akan mempengaruhi respons sensor karena perubahan struktur kimia sampel lemak. Data enunjukkan plot individu dari tiga kelas dan tanggapan mereka pada suhu yang berbeda. Garis regresi linier di latar belakang menunjukkan tren peningkatan dalam respons sensor, dengan lemak babi memiliki gradien tertinggi dari ketiganya. Untuk mengklaim bahwa tren kenaikan ini disebabkan oleh perubahan kimia yang pasti terjadi pada sampel lemak tidak dapat dibuat secara eksplisit. Alasannya karena electronic nose hanya mengumpulkan data kualitatif dan untuk membuktikan bahwa perubahan kimia bertanggung jawab atas respons sensor yang lebih tinggi akan memerlukan studi lebih lanjut. Namun, karena peningkatan suhu densitas dan laju dimana asap bau yang dihasilkan harus meningkat, sehingga menimbulkan respons sensor yang lebih tinggi. Selain itu, lemak babi ini memiliki titik leleh terendah di antara ketiga lemak tersebut dan karenanya akan meleleh dan berubah menjadi gas lebih cepat. Gradien tertinggi dalam tren naik membuktikan hal ini juga. Lemak ayam seharusnya memiliki titik leleh yang lebih rendah daripada lemak sapi. Meskipun respon sensor lemak daging sapi memiliki gradien yang lebih tinggi, nilai set point masih jauh lebih rendah. Dalam hal nilai titik lebur, lemak ayam memiliki skor tertinggi di atas keduanya seperti yang terlihat pada gambar 25. Titik leleh lemak bervariasi tergantung pada bagian tubuh hewan mana. Penelitian ini tidak memperhitungkan hal itu. Namun, nilai titik leleh lemak ayam yang lebih tinggi dapat dijelaskan oleh fakta bahwa titik leleh lemak ayam sangat dekat dengan lemak babi. Meskipun titik leleh lemak babi dapat bervariasi dari 25°C hingga 45°C, titik leleh lemak ayam hanya berkisar antara 27°C hingga 35°C. Oleh karena itu, perbedaan titik leleh yang lebih sedikit dapat menjadi alasan untuk nilai titik pengendapan yang lebih tinggi secara keseluruhan.



Gambar 25. Matriks konfusi KNN dan SVM

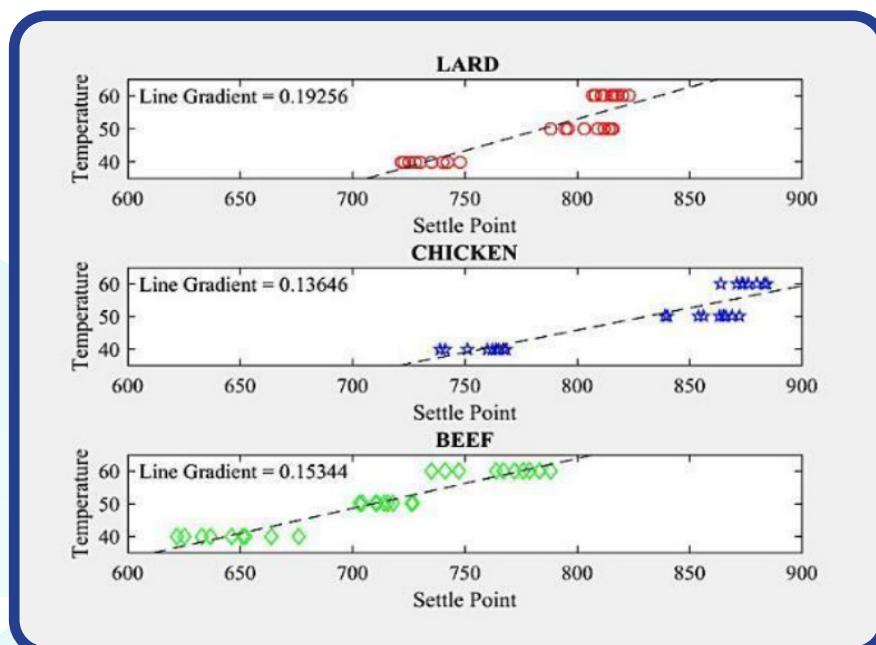
Nama Pengklasifikasi	Akurasi (%)
<i>K-Nearest Neighbors (KNN)</i>	95.6
<i>Support Vector Machines (SVM)</i>	95.6
<i>Bagged Trees</i>	93.3
<i>Simple Tree</i>	91.1

Tabel 25. Daftar pengklasifikasi yang diterapkan

Sebuah studi oleh Che Man (2011) berhasil menemukan model regresi diferensiasi antara minyak kelapa sawit dan lemak babi. Hasil penelitian lain oleh Che Man (2011) bisa mengklasifikasikan lemak babi dari lemak domba. Karya mereka hanya mampu mengklasifikasikan campuran lemak babi dan lemak tubuh domba hingga 30% pemalsuan.

Dalam penelitian tersebut juga dilakukan klasifikasi antara ketiga jenis lemak tersebut. Tabel 25 diatas mencantumkan berbagai pengklasifikasi yang diterapkan dengan akurasi masing-masing dalam urutan menurun.

Akurasi KNN dan SVM yang lebih tinggi diharapkan karena scatter plot pada gambar 26 menunjukkan cluster yang jelas dan terpisah dari setiap kelas secara keseluruhan. Selanjutnya, gambar 27 menunjukkan matriks konfusi KNN dan SVM. Kedua pengklasifikasi memiliki hasil matriks kebingungan yang sama. Menariknya, kelas "L40" dan "C40" saling membingungkan. Namun, ayam diklasifikasikan sebagai lemak babi 3 dari 4 merupakan prediksi yang salah dan lemak babi dikenali satu kali sebagai ayam. Ini masih bisa dianggap menguntungkan peneliti karena peneliti lebih mementingkan lemak babi daripada ayam.



Gambar 26. Respon terhadap perubahan suhu



Gambar 27. Matriks konfusi KNN dan SVM

5.3.5. Kesimpulan

Temuan menunjukkan bahwa E-Nose berhasil mengidentifikasi dan membedakan lemak babi di antara tiga jenis lemak yang berbeda. Persiapan sampel yang diperlukan sederhana. Tidak perlu komposisi kimia tambahan untuk deteksi lemak babi. Suhu yang diperlukan untuk percobaan (40°C hingga 60°C) mudah dicapai dan total waktu pengujian untuk setiap pembacaan hanya 60 detik. Eksperimen, yaitu pendeteksian tidak perlu dilakukan di laboratorium. E-Nose yang dikembangkan bersifat portabel, ringan, dan hemat biaya. Tidak ada kesalahan dalam percobaan yang dilakukan yang menunjukkan perangkat ini dapat diandalkan.

Arah pekerjaan di masa depan adalah melakukan eksperimen pada lemak yang dikumpulkan dari berbagai bagian tubuh hewan yang sesuai untuk menyesuaikan pengklasifikasi lebih lanjut untuk mengakomodasi variabel tersebut. Juga, kisaran suhu harus ditingkatkan, dan fokusnya harus mengurangi waktu pengujian lebih jauh menjadi sekitar 30 detik.

Namun demikian, sejauh ini, E-Nose yang telah dikembangkan oleh tim peneliti telah menjanjikan dan telah menunjukkan potensi untuk banyak aplikasi.

5.4. Kawasan Industri Halal 2.0

Pemerintah Indonesia memiliki rencana yang lebih besar untuk mendukung upaya mempercepat rencana Indonesia sebagai pemimpin dalam ekonomi Islam yang tertuang dalam Indonesia Islamic Economic Masterplan Framework (IEMF), yaitu dengan memberi penekanan utama pada pencapaian tujuan inti dalam strategi penguatan Rantai Nilai Halal yang sejalan dengan tiga strategi utama IEMF lainnya, yaitu Penguatan Keuangan Islam; Penguatan Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM); dan Memperkuat Ekonomi Digital.

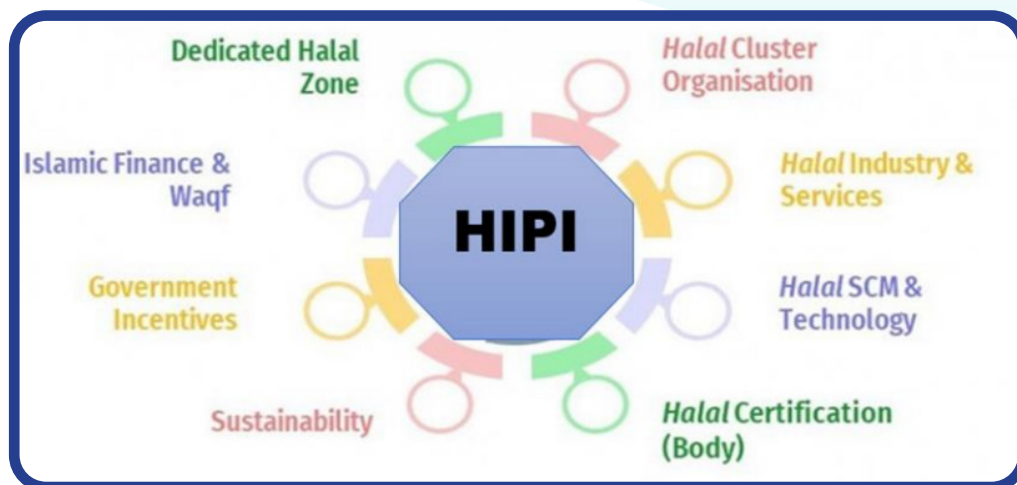
Situasi yang terjadi dalam sektor industri halal global telah menunjukkan lonjakan pertumbuhan sektor industri dan Kawasan Industri Halal (KIH). Sebagai contoh, di Malaysia, sebanyak 14 dari 21 Kawasan Industri Halal telah memperoleh status sertifikasi HALMAS (Halal Malaysia), setelah berhasil memenuhi persyaratan sebagaimana yang ditetapkan dalam pedoman pengembangan KIH oleh lembaga pemerintah, Halal Development Corporation (HDC). Namun KIH ini tidak dikategorikan sebagai one stop center saja, melainkan berfokus juga pada satu atau dua sektor lainnya seperti makanan halal, kosmetik halal, makanan laut halal dan farmasi halal, dan lain-lain. Singapura pun secara antusias ikut terlibat dalam pasar halal yang sangat besar dengan mendirikan pusat halal khusus dalam bentuk bisnis halal yang terintegrasi dalam satu ekosistem bisnis. Di Afrika Selatan, studi kelayakan dilakukan untuk membangun KIH untuk menangkap pangsa pasar halal di daerah Sub-Sahara dan Afrika serta pasar Timur Tengah dan Afrika Utara.

Di Indonesia sendiri, Pemerintah telah menekankan pentingnya pengembangan kawasan industri halal yang terintegrasi, dimana seluruh layanan terkait produk dan layanan halal berada di bawah naungan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (one stop service). Saat ini pemerintah telah menyetujui dua kawasan industri halal (KIH) yang terintegrasi dalam dua kawasan industri, yaitu Modern Halal Valley di Kawasan Industri Modern Cikande di Serang, Banten dan Kawasan Industri Halal SAFE n LOCK di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Empat kawasan industri lainnya yang sedang dalam tahap persiapan dan menunggu persetujuan dari pemerintah Indonesia yaitu Kawasan Industri Bintang Inti di Bintan, Kepulauan Riau; Kawasan Industri Batamindo di Batam, Kepulauan Riau; Kawasan Industri Jakarta Pulogadung; dan Kawasan Industri Surya Borneo di Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah.

5.4.1. Konsep Halal 2.0

Indonesia harus mengadaptasi konsep Halal Park 2.0 yang dititikberatkan untuk memposisikan KIH sebagai perintis kawasan industri halal dengan menggabungkan berbagai kluster ekosistem bisnis halal menjadi one stop center seperti yang ditunjukkan pada gambar 28 di bawah ini.

Gambar 28 dibawah ini menunjukkan kerangka kerja Halal Park 2.0 yang terdiri dari delapan komponen berbeda yang berasal dari sektor-sektor yang dikelompokkan dan diaglomerasi dalam satu lokasi yang ada dalam Halal Industrial Park Indonesia (HIPI) sebagaimana yang termaktub dalam buku ini.



Gambar 28. Halal Park 2.0

1. Organisasi Klaster Halal

Komponen ini mengacu pada pengaktifan kawasan industri halal yang meningkatkan kebijakan dan undang-undang ramah Kawasan Industri Halal. Kerangka peraturan yang terintegritas akan menguatkan persetujuan tanpa batas dari calon investor untuk mendirikan bisnis terkait halal di HIPI.

1. Satuan/badan pemerintah

Badan pemerintah dapat didirikan baik oleh pemerintah Indonesia atau pemerintah negara bagian dalam sistem federal. Istilah ini jarang digunakan untuk mendefinisikan organisasi yang dibentuk oleh kekuasaan badan pemerintah daerah. Badan-badan dapat didirikan dengan berdasarkan undang-undang maupun kekuasaan eksekutif. Sistem otonomi, kemandirian, dan akuntabilitas lembaga pemerintah juga berbeda-beda sesuai dengan fungsi lembaga terkait serta negara tempat lembaga tersebut berada.

2. Mitra Strategis

Mengacu pada entitas bisnis lain yang membentuk perjanjian dengan operator HIPI untuk berbagi sumber daya dengan misi pertumbuhan dan kesuksesan bersama. Dalam hal ini yaitu kemitraan strategis antara operator HIPI dengan organisasi yang memiliki reputasi yang baik dan berminat untuk mendirikan badan usaha di Halal Industrial Park serta memanfaatkan peluang untuk menumbuhkan kesadaran dalam Industri Halal.

3. Pemerintah

Sebagai penanggung jawab HIPI, pemerintah Indonesia bekerja sama dengan Mitra memastikan bahwa HIPI memberikan layanan yang diperlukan dan fasilitas andal yang menjamin badan usaha yang telah mendirikan usahanya di HIPI akan memperoleh layanan tanpa hambatan dan berkesinambungan dalam pelaksanaan aktivitas bisnisnya. Dalam hal kerangka regulasi, pemerintah telah menempatkan aturan dan regulasi yang business friendly

serta menjamin kemudahan untuk mendirikan bisnis di HIPI. Pemerintah akan selalu memastikan integritas HIPI tetap terjaga dan kemurnian aturan dalam agama Islam tetap dijunjung tinggi.

4. Produsen/Distributor

HIPI mengamanatkan kepada seluruh produsen dan distributor usaha halal terkait agar berpegang pada prinsip dan nilai Islam dalam menjalankan aktivitasnya di sekitar HIPI. Oleh karena itu, badan usaha yang bersertifikat Halal diberikan prioritas untuk mendirikan bisnisnya di HIPI.

2. Industri dan Jasa Halal

HIPI memiliki mandat yang memungkinkan badan usaha untuk mendirikan bisnisnya dengan tujuan utama memenuhi Visi Pemerintah Indonesia sebagai “Indonesia yang merdeka, sejahtera, dan berbudaya dengan menjadi pusat ekonomi Islam terkemuka dunia”. Sejalan dengan upaya mulia ini, HIPI akan mengidentifikasi badan usaha yang akan memproduksi dan menghantarkan produk dan jasa halal dengan kategori sebagai berikut:

1. Makanan dan Minuman Halal
2. Perjalanan & Pariwisata Halal
3. Fashion Halal
4. Farmasi Halal
5. Kosmetik Halal
6. Perusahaan Teknologi yang menawarkan platform bisnis untuk meningkatkan Halal Gig Economy - Grab Food, Grab ehailing, Online teaching and learning in Islam, dan lain-lain.
7. Logistik dan Distribusi Halal
8. Perusahaan Riset yang melakukan penelitian ilmiah mengenai otentisitas produk halal
9. Bisnis terkait halal lainnya yang memenuhi kriteria halal dan dianggap layak oleh HIPI untuk mendapatkan penawaran lokasi bisnisnya.

3. Supply Chain Management/ Manajemen Rantai Pasokan (SCM) dan Teknologi

Perlu adanya institusi khusus yang focus pada riset dan inovasi sains halal. Keterlibatan teknologi industry 4.0 sangat diperlukan untuk mengantisipasi perkembangan industri halal kedepan dengan segala kompleksitasnya.

4. Unit Sertifikasi, Standar dan Audit Halal (HACSA)

Dengan dukungan pemerintah Indonesia, HIPI akan mengikuti arahan dari Kementerian Agama, Otoritas yang ditunjuk Pemerintah dalam Sertifikasi Halal dan Standar Halal serta Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi tentang pembentukan unit HACSA yang akan mengeluarkan persetujuan tanpa batas dan sertifikasi produk serta layanan halal dengan mematuhi Standar Halal oleh Lembaga Sertifikasi Halal Indonesia serta melakukan audit secara acak atas produk, layanan atau fasilitas bersertifikat Halal yang berada dalam ruang lingkup HIPI.

5. Keberlanjutan

HIPI bercita-cita menjadi pelopor dalam mengadopsi lingkungan berkelanjutan di Kawasan Industri Halal di Indonesia yang akan menerapkan teknologi ramah lingkungan. Hal ini tidak hanya akan memberikan manfaat bagi operator

dan penyewa HIPI, tetapi juga dapat mengurangi dampak pengembangan area wisata dari aspek lingkungan. HIPI telah mengidentifikasi berbagai peluang untuk keberlanjutan. Berikut merupakan beberapa faktor yang dianggap sesuai untuk diterapkan dalam aspirasi keberlanjutan HIPI:

- a. Sistem daur ulang limbah non-kakus dan air limbah
- b. Pengolahan kekayaan alam/lahan yang dimanfaatkan dalam
- c. perencanaan dan skala pembangunan taman yang luas
- d. Daur ulang limbah padat
- e. Drainase perkotaan yang berkelanjutan
- f. Sumber energi terbarukan

6. Insentif Pemerintah

Pemerintah Indonesia telah memberikan insentif fiskal untuk mendorong investasi dan ekspor produk halal. Insentif pemerintah meliputi:

1. Pembebasan pajak;
2. Tunjangan pajak;
3. Pajak penghasilan impor; dan
4. Deduksi ekstra untuk penelitian dan pelatihan kejuruan.

Insentif lainnya berupa pembebasan bea dan cukai atau pengembalian bea masuk bagi perusahaan-perusahaan Fasilitas Impor Tujuan Ekspor; bea masuk ditanggung pemerintah untuk industri tertentu; dan lain-lain. Dalam hal fasilitas pajak pertambahan nilai, insentif yang diberikan berupa pemotongan barang modal, jasa kesehatan dan pendidikan, jasa sosial, dan jasa ekspor.

7. Keuangan Syariah, Zakat, Wakaf dan Ar Rahn

Tujuan Penguatan Sektor Keuangan Syariah yang termasuk di dalam strategi utama ILEM kedua adalah memastikan bahwa sektor keuangan syariah dapat digerakkan oleh rantai nilai halal atau industri halal Indonesia. Di saat yang sama, strategi ini juga berupaya untuk meningkatkan volume bisnis perbankan dan keuangan syariah dengan jangkauan yang lebih luas dalam sektor produksi halal. Program utama yang sesuai dengan Keuangan Syariah dalam mendukung kluster bisnis di HIPI antara lain sebagai berikut:

- a. Membentuk Dana Halal Nasional bagi industri halal untuk mempercepat pertumbuhan dan sentra produksi halal yang berorientasi ekspor.
- b. Mengintegrasikan ZISWAF, AR-Rahn, sektor fiskal dan komersial untuk mengembangkan jangkauan dalam melayani seluruh segmen produksi.

8. Zona Halal Khusus

Untuk menjaga integritas halal HIPI, elemen penting yang harus diperhatikan adalah menjaga kontrol akses lingkungan HIPI secara ketat. Hal ini merupakan hal yang fundamental dalam mematuhi standar sertifikasi yang disetujui oleh Kementerian Perindustrian Indonesia kepada HIPI sebagai suatu khusus Kawasan Industri Halal.

9. Lingkungan Yang Terbatas

Pagar perimeter yang dilindungi akan memberikan batasan area yang dibatasi dan mengisolasi HIPI dari aktivitas eksternal yang dapat mempengaruhi integritas

halal. HIPI akan memasang CCTV pada pagar perimeter untuk memantau arus masuk dan keluar personel ke dalam lokasi HIPI serta untuk mencegah penyusup masuk dan merusak integritas halal produk. Kontrol akses juga dapat diperluas manfaatnya dalam taman halal dengan cara lain yaitu misalnya penggunaan kontrol akses untuk menyeleksi bahan mentah dan bahan lain dalam aspek kualitas lain atau kualitas yang tidak diinginkan di luar sektor halal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, M., Guntarti, A., & Kusbandari, A. (2016). Application of HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) for Analysis of Lard in the Meatball Product Combined with PCA (Principal Component Analysis). *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(6), 120.
- Ahda, M., Guntarti, A., Kusbandari, A., Husna, M., & Rasyidah, I. (2020). Transesterification of triglycerides from chicken fat and lard using base catalysts and its discriminant analysis. 1(1), 9–14.
- Ahmad, T., Ismail, A., Ahmad, S. A., Khalil, K. A., Awad, E. A., Akhtar, M. T., & Sazili, A. Q. (2021). Recovery of gelatin from bovine skin with the aid of pepsin and its effects on the characteristics of the extracted gelatin. *Polymers*, 13(10), 1–15.
- Ahmad, T., Ismail, A., Ahmad, S. A., Khalil, K. A., Teik Kee, L., Awad, E. A., & Sazili, A. Q. (2019). Physicochemical characteristics and molecular structures of gelatin extracted from bovine skin: effects of actinidin and papain enzymes pretreatment. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 138–153.
- Albab, F. Q., & Nukhasanah. (2020). Penetapan kadar alkohol pada kosmetik menggunakan metode kromatografi gas. *Journal of Halal Science and Research*, 1(1), 30–38.
- Ali, E., Sultana, S., Hamid, S. B. A., Hossain, M., Yehya, W. A., Kader, A., & Bhargava, S. K. (2018). Gelatin controversies in food, pharmaceuticals, and personal care products: Authentication methods, current status, and future challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(9), 1495–1511.
- Alkurdi, S. S. A., Al-Juboori, R. A., Bundschuh, J., & Hamawand, I. (2019). Bone char as a green sorbent for removing health threatening fluoride from drinking water. *Environment International*, 127(April), 704–719.
- Anonim. (2018). KEPUTUSAN IJTIMA ' ULAMA KOMISI FATWA SE-INDONESIA VI TAHUN 2018. Majelis Ulama Indonesia.
- Azir, M., Abbasiliasi, S., Ibrahim, T. A. T., Manaf, Y. N. A., Sazili, A. Q., & Mustafa, S. (2017). Detection of lard in cocoa butter—its fatty acid composition, triacylglycerol profiles, and thermal characteristics. *Foods*, 6(11), 1–12.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahammam, F. S. (2011). *Panduan Wisatawan Muslim*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- Boubakeur, D. (2001). *Halal & Haram*. Paris: De La Mosquee De Paris.
- Cahyaningsari, D., Latif, H., & Sudarnika, E. (2019). Identifikasi Penambahan Daging Babi pada Pangan Berbahan Dasar Daging Sapi Menggunakan ELISA dan qPCR. *Acta VETERINARIA Indonesiana*, 7(2), 17–25.
- Chadijah, S., Baharuddin, M., & Firnanely, F. (2019). Potensi Instrumen FTIR dan GCMS dalam Mengkarakterisasi dan Membedakan Gelatin Lemak Ayam, Itik dan Babi. *Al-Kimia*, 7(2).
- Che Man, Y. B., Rohman, A., & Mansor, T. S. T. (2011). Differentiation of Lard From Other Edible Fats and Oils by Means of Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(2), 187–192.
- Chen, F.-C., & Hsieh, Y.-H. P. (2000). Detection of Pork in Heat-Processed Meat Products by. *Journal of AOAC International*, 83(1), 79–85.
- Chou, C.-C., Lin, S.-P., Lee, K.-M., Hsu, C.-T., Vickroy, T. W., & Zen, J.-M. (2007). Fast differentiation of meats from fifteen animal species by liquid chromatography with electrochemical detection using copper nanoparticle plated electrodes. *Journal of Chromatography B*, 846(1–2), 230–239.
- Clark and Courts. (1977). *The Chemical Reactivity of Gelatin dalam : Ward, A.G, dan A., Courts[ed]. 1977. The Science and Technology of Gelatin*. Academy Press, New York.
- Cochrane, P. (2016). *Addressing the demand for halal gelatin in food products latin*.
- Dinar Standard – Salaam Gateway. Dubai
- Codex Alimentarius. (1999). *Standard for named animal fats, CXS 211-1999*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Cordella, C., Moussa, I., Martel, A.-C., Sbirrazzuoli, N., & Lizzani-Cuvelier, L. (2002). Recent Developments in Food Characterization and Adulteration Detection: Technique-Oriented Perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 1751–1764.
- Dahlan, W. (2015). *Muhammad The World's Great Scientist*. The Halal Science Center, Chulalongkorn University : Thailand.

DAFTAR PUSTAKA

- Damrongsakkul, S., Ratanathamman, K., Komolpis, K., & Tanthapanichakoon, W. (2008). Enzymatic hydrolysis of rawhide using papain and neutrase. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 14(2), 202–206.
- Erwanto, Y., Sugiyono, Rohman, A., Zainal Abidin, M., & Ariyani, D. (2012). Identifikasi Daging Babi Menggunakan Metode Pcr-Rflp Gen Cytochrome B Dan Pcr Primer Spesifik Gen Amelogenin. *Agritech*, 32(4), 370–377.
- Erwanto, Y. (2021). Pengembangan gelatin dan kolagen dari hewan lokal Indonesia dan pemanfaatannya dalam bidang pangan dan kesehatan. Universitas Gadjah Mada.
- Fadzillah, N. A., Rohman, A., Rosman, A. S., Yusof, F. M., Ismail, A., Mustaffa, S., Minhat, A. E., & Khatib, A. (2016). Differentiation of fatty acid composition of butter adulterated with lard using gas chromatography mass spectrometry combined with principal component analysis. *Jurnal Teknologi*, 78(2), 171–177.
- Fadzillah, N. A., Rohman, A., Salleh, R. A., Amin, I., Shuhaimi, M., Farahwahida, M. Y., Rashidi, O., Aizat, J. M., & Khatib, A. (2017). Authentication of butter from lard adulteration using high-resolution of nuclear magnetic resonance spectroscopy and high-performance liquid chromatography. *International Journal of Food Properties*, 20(9), 2147–2156.
- Fasya, A. G., Amalia, S., Imamudin, M., Putri Nugraha, R., Ni'mah, N., & Yuliani, D. (2018). Optimasi Produksi Gelatin Halal dari Tulang Ayam Broiler (*Gallus Domesticus*) dengan Variasi Lama Perendaman dan Konsentrasi Asam Klorida (HCl). *Indonesia Journal of Halal*, 1(2), 102
- Firmansyah, A., Sundalian, M., Suprijana, O., & Fauziah, R. P. (2018). Studi Spektrum Derivatif Ftir Daging Sapi Dan Daging Babi Setelah Melalui Reaksi Enzimatis. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 7(2), 24–33.
- Firmansyah, R. A. (2015). Analysis of Free Fatty Acids Contained in Waste Cooking Oil of lard Oil and Palm Oil with Gas Chromatography Mass Spectrometry. *Sains Dan Terapan Kimia*, 9(2), 59–69.
- GMIA. (2012). *Gelatin Handbook*. 1–25. http://www.gelatingmia.com/images/GMIA_Gelatin_Manual_2012.pdf

- Gumilar, J., & Pratama, A. (2018). Produksi Dan Karakteristik Gelatin Halal Berbahan Dasar Usus Ayam. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(1), 75–81.
- Gunawan, F., Suptijah, P., & Uju. (2017). Ekstraksi dan karakterisasi gelatin kulit ikan tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dari provinsi kepulauan bangka belitung. *JPHPI*, 20(3), 568–581.
- Guntarti, A., Ahda, M., & Kusbandari, A. (2020). Determining fatty acids and halal authentication of sausage. *Food Research*, 4(2), 495–499.
- Guntarti, Any, Ahda, M., Kusbandari, A., & Prihandoko, S. (2019). Analysis of lard in sausage using Fourier transform infrared spectrophotometer combined with chemometrics. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 11(8), S594–S600.
- Guntarti, Any, Martono, S., Yuswanto, A., & Rohman, A. (2015). FTIR spectroscopy in combination with chemometrics for analysis of wild boar meat in meatball formulation. *Asian Journal of Biochemistry*, 10(4), 165–172.
- Guntarti, Any, & Prativi, S. R. (2017). Application method of Fourier Transform Infrared (FTIR) combined with chemometrics for analysis of rat meat (*Rattus Diardi*) in meatballs beef. *Pharmaciana*, 7(2), 133.
- Guntarti, Any, Rohman, A., Martono, S., & Yuswanto, A. (2017). Authentication of Wild Boar Meat in Meatball Formulation Using Differential Scanning Calorimetry and Chemometrics. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 8–12
- Gustavo González, A., & Ángeles Herrador, M. (2007). A practical guide to analytical method validation, including measurement uncertainty and accuracy profiles. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 26(3), 227–238.
- Han, D., Mi, S., Zhang, C. H., Li, J., Song, H. L., Fauconnier, M. L., & Tyteca, E. (2019). Characterization and discrimination of Chinese marinated pork hocks by volatile compound profiling using solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry, electronic nose and chemometrics. *Molecules*, 24(7).
- Han, F., Huang, X., Aheto, J. H., Zhang, D., & Feng, F. (2020). Detection of Beef Adulterated with Pork Using a Low-Cost Electronic Nose Based on Colorimetric Sensors. *Foods*, 9(193), 1–15.

DAFTAR PUSTAKA

- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117–135.
- Harvey, D. (2000). *Modern analytical chemistry*. In McGraw-Hill Higher Education. Depauw University.
- Haryati, D., Nadhifa, L., Humairah, H., & Abdullah, N. (2019). Ekstraksi dan karakterisasi gelatin kulit ikan baronang (*Siganus canaliculatus*) dengan metode enzimatis menggunakan enzim bromelin. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(1), 19–25.
- Haryati, T., Siahaan, D., & Long, K. (2004). Pengembangan teknik differential scanning calorimetric untuk analisis kontaminan minyak sawit dan produknya. *Jurnal Penerbitan Kelapa Sawit*, 12(2), 71–84.
- Hermanto, S. (2014). Karakteristik Fisikokimia Gelatin Kulit Ikan Sapu-Sapu (*Hyposarcus pardalis*) Hasil Ekstraksi Asam. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 109–120.
- Hertanto, B. S., Fitra, R. A., Kartikasari, L. R., & Cahyadi, M. (2017). Autentikasi Daging Ayam Segar Dari Kontaminasi Daging Babi Menggunakan Gen Cyt-B Dengan Analisis Duplex- Polymerase Chain Reaction. *Buletin Peternakan*, 41(2), 113.
- Hikmah, N., Rumiati, R., Sismindari, S., & Rohman, A. (2020). Simultaneous detection of pork and wild boar meat in chicken sausages using the combination of a single primer and real-time polymerase chain reaction (qPCR). *Pharmaciana*, 10(1), 11.
- Husni, P., Putriana, N. A., & Wicaksono, I. A. (2017). Metode Deteksi Kandungan Babi dan Alkohol dalam Eksiipien Farmasi dan Produk Obat untuk Menjamin Kehalalan Sediaan Obat. *Majalah Farmasetika*, 2(1), 1–7.
- ICH. (2014). ICH Topic Q 2 (R1) Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology. In European Medicines Agency (Vol. 2, Issue November 1994, pp. 1070–1072).
- Indriati, M., & Yuniarsih, E. (2019). Multiplex PCR Method of Detecting Pork to Guarantee Halal Status in Meat Processed Products. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 07(3), 96–101.
- I Akbar, I Jaswir, P Jamal, F Octavianti. (2017). Fish gelatin nanoparticles and their food applications: a review. : *International Food Research Journal*.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia Halal Economy and Roadmap Strategy 2018/2019
Indonesia Halal Economy and Roadmap Strategy 2018/2019
- Jamillah and Harvinder, 2002. Properties of gelatins from skins of fish – Black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*) : Journal Food Chemistry.
- Jaswir, I., Rahayu, elvina A., Yulianan, N. D., & Roswiem, A. P. (2020). Daftar referensi bahan-bahan yang memiliki titik kritis halal dan substitusi bahan non halal. Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah.
- Jorfi, R., Mustafa, S., Che man, Y. B., Mat Hashim, D. B., Sazili, A. Q., Farjam, A. S., Nateghi, L., & Kashiani, P. (2012). Differentiation of pork from beef, chicken, mutton and chevon according to their primary amino acids content for halal authentication. *African Journal of Biotechnology*, 11(32), 8160–8166.
- Jaswir, I. (2021). <https://www.myedisi.com/hidayatullah/4492/13720/prof-dr-irwandijaswir-90-gelatin-beredar-tidak-halal>. Majalah Hidayatullah
- Jurnal Akutansi, Kewirausahaan dan Bisnis, 2019. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Pelita Harapan. Jakarta.
- Jurnal Akutansi, Kewirausahaan dan Bisnis, 2019. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Pelita Harapan. Jakarta.
- Kadafi, M., & Putra, R. A. (2021). Electronic Nose (E-Nose) Design for Arduino NanoBased Halal Haram Identification. *Jurnal Neutrino*, 13(1), 8–12.
- Kamil, M. Q. (2014). Halal Haram Dalam Islam. Mutiara Allamah Utama : Depok.
- Kampke, T., Kieninger, M., & Mecklenburg, M. (2001). Efficient primer design algorithms. *Bioinformatics*, 17(3), 214–225.
- Konings, E. J. M., Ebersole, B., Edwards, J. C., Researcher, I., & Jayabalan, R. (2016). Standard Method Performance Requirements for Determination of Ethanol in Kombucha. *Journal of AOAC International*, 99(4), 1120–1121.
- Kurniadi, M. (2016). Perspektif Halal Produk Pangan Berbasis Bioproses Mikrobial. *Jurnal Universitas Diponegoro*, 16, 147–160.
- Kurniawati, E., Rohman, A., & Triyana, K. (2014). Analysis of lard in meatball broth using Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *Meat Science*, 96(1), 94–98.
- LPPOM MUI. (2012). Persyaratan Bahan Pangan Halal HAS 23201. LPPOM MUI.

DAFTAR PUSTAKA

- LPPOM MUI. (2018). Kebijakan analisis laboratorium.
- Mahrus, M. (2014). Kontroversi Produk Rekayasa Genetika Yang Dikonsumsi Masyarakat. *Jurnal Biologi Tropis*, 14(2).
Majalah Gatra edisi 17-23 Mei 2018.
- Magrí, A. D., Magrí, A. L., Balestrieri, F., Sacchini, A., & Marini, D. (1997). Spectrophotometric micro-method for the determination of ethanol in commercial beverages. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 357(7), 985–988.
- Mandli, J., Fatimi, I. E. L., Seddaoui, N., & Amine, A. (2018). Enzyme immunoassay (ELISA / immunosensor) for a sensitive detection of pork adulteration in meat. *Food Chemistry*, 255(August 2017), 380–389.
- Marikkar, J.M.N., Ghazali, H. M., Che Man, Y. B., Peiris, T. S. G., & Lai, O. M. (2005). Distinguishing lard from other animal fats in admixtures of some vegetable oils using liquid chromatographic data coupled with multivariate data analysis. *Food Chemistry*, 91(1), 5–14.
- Marikkar, J.M.N, Dzulkify, M. ., Nadiha, M. Z. N., & Che Man, Y. . (2012). Detection of animal fat contaminations in sunflower oil by differential scanning calorimetry. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 683–690.
- Marikkar, J.M.N, Lai, O. ., Ghazali, H. ., & Che Man, Y. . (2001). Detection of lard and randomized lard as adulterants in refined-bleached-deodorized palm oil by differential scanning calorimetry. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(11), 1113–1119.
- Marikkar, Jalaldeen Mohammed Nazrim, & Rana, S. (2014). Use of differential scanning calorimetry to detect canola oil (*Brassica napus* L.) adulterated with lard stearin. *Journal of Oleo Science*, 63(9), 867–873.
- Marina, A. M., Che man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I. (2009). Monitoring the adulteration of virgin coconut oil by selected vegetable oils using differential scanning calorimetry. *Journal of Food Lipids*, 16(1), 50–61.
- Mariod, A. A., & Adam, H. F. (2013). Review: Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 12(2), 135–147.
- Megawati, D. S., Fauziyah, B., Maimunah, S., & Wafi, A. (2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Profil FTIR Minyak Ikan dan Lemak Babi serta Perbandingannya sebagai Dasar Penentuan Autentifikasi Halal. *Alchemy*, 8(1), 9.
- Mohammed, A., Aboje, A. A., Auta, M., & Jibril, M. (2012). A Comparative Analysis and Characterization of Animal Bones as Adsorbent. *Advances in Applied Science Research*, 3(2), 3089–3096.
- Mulyadi, M., & Arsianti, R. W. (2012). Sistem penciuman elektronik untuk pendeteksian uap formalin. *Harpodon Borneo*, 5(1), 75–82.
- Munir, M., Sa'adah, S. M., Latifa, S., Ayu, N., Rahmatirta, O., Maulidina, N., Ameliora, C., Prasetya, E., & Rachmawati, Y. (2019). Detection of pig DNA fragments in halal unlabeled lipstick samples using conventional PCR. *JBIO : JURNAL BIOSAINS (The Journal of Biosciences)*, 5(3), 116–120.
- Mursyidi, A. (2013). The Role of Chemical Analysis in the Halal Authentication of Food and Pharmaceutical Products. *J.Food Pharm.Sci.*, 1(2013), 1–4.
- Naviglio, D., Dellagrecia, M., Ruffo, F., Andolfi, A., & Gallo, M. (2017). Rapid analysis procedures for triglycerides and fatty acids as pentyl and phenethyl esters for the detection of butter adulteration using chromatographic techniques. *Journal of Food Quality*, 2017.
- Nemati, M., Oveisi, M. ., Abdollahi, H., & Sabzevari, O. (2004). Differentiation of bovine and porcine gelatins using principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34(3), 485–492.
- Nirwandar, S. (2017). *Halal Lifestyle Tren Global dan Peluang Bisnis* : PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Nishimoto, M., Mizuta, S., Yoshinaka, R., Park, E. Y., Nakamura, Y., & Sato, K. (2009). Characterization and comparison of collagens extracted from the digestive tract and skin of a japanese amberjack *Seriola quinqueradiata*. *Journal of Food Biochemistry*, 33(6), 777–789.
- Nizar, N. N. A., Marikkar, J. M. N., & Hashim, D. M. (2013). Differentiation of Lard, Chicken Fat, Beef Fat and Mutton Fat by GCMS and EA-IRMS Techniques. *Journal of Oleo Science*, 62(7), 459–464.
- Nurjuliana, M., Man, Y. B. C., Hashim, D. M., & Mohamed, A. K. S. (2011). Rapid

DAFTAR PUSTAKA

- identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer. *MESC*, 88(4), 638–644.
- Nurrulhidayah, A. F., Arieff, S. R., Rohman, A., Amin, I., Shuhaimi, M., & Khatib, A. (2015). Detection of butter adulteration with lard using differential scanning calorimetry. *International Food Research Journal*, 22(2), 832–839.
- Oktaviani, S. D., Sabikis, S., & Hartanti, D. (2011). Identifikasi etanol hasil fermentasi sente (*Alocasia macrorrhiza* L.) G. Don), Sente wulung (*Alocasia indica* (Lour.) Koch) dan kimpul (*Xanthosoma nigrum* (Vell.) Mansf). *Pharmacy*, 08(01), 283.
- Paul Temporal. (2011). *Islamic Branding and Marketing*. John Wiley & Sons : Singapura.
- Pavlidis, D. E., Mallouchos, A., Ercolini, D., Panagou, E. Z., & Nychas, G. J. E. (2019). A volatilomics approach for off-line discrimination of minced beef and pork meat and their admixture using HS-SPME GC/MS in tandem with multivariate data analysis. *Meat Science*, 151(January), 43–53.
- Perdana, A. I. (2018). Optimasi Dan Validasi Metode Analisis Kadar Alkohol Pada Produk Pangan Dengan. *Persatuan Pranata Laboratorium Pendidikan Indonesia (PPLPI)*, 28–37.
- Prabawati, S. Y., & Fajriati, I. (2018). Analisis Lemak Sapi dan Lemak Babi Menggunakan Gas Chromatography (GC) dan Fourier Transform Infra Red Spectroscopy Second Derivative (FTIR-2D) untuk Autentifikasi Halal. *Indonesia Journal of Halal*, 1(2), 89–96.
- Qardhawi, Y. (2000). *Halal Haram Dalam Islam*. Era Intermedia : Solo.
- Rafi, M., Anggundari, W. C., & Irawadi, T. T. (2016). Potensi Spektroskopi Ftir-Atr Dan Kemometrik Untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing, Dan Sapi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3), 229–234.
- Rahmania, Y. L., Agustini, T. W., & Suzery, M. (2021). Pengukuran Kandungan Dna Babi Dalam Berbagai Produk Pangan Dengan Metode Real Time-Polymerase Chain Reaction (Rt-Pcr). *Indonesian Journal of Halal*, 3(2), 129–133.
- Rahmawati, R., Sismindari, S., Raharjo, T. J., Sudjadi, Sudjadi, & Rohman, A. (2016).

- Analysis of pork contamination in Abon using mitochondrial D-Loop22 primers using real time polymerase chain reaction method. *International Food Research Journal*, 23(1), 370–374.
- Rahmawati, Y. D., & Hasdar, M. (2017). Kualitas Viskositas Dan Kekuatan Gel Gelatin Kulit Domba Yang Dihidrolisis Menggunakan Larutan NaOH. *AGRI-SAINTIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 1(1), 70.
- Raja Nhari, R. M. H., Ismail, A., & Che Man, Y. B. (2012). Analytical methods for gelatin differentiation from bovine and porcine origins and food products. *Journal of Food Science*, 77(1).
- Rawdkuen, S., Sai-Ut, S., & Benjakul, S. (2010). Properties of gelatin films from giant catfish skin and bovine bone: A comparative study. *European Food Research and Technology*, 231(6), 907–916.
- Roggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., Lema-Martinez, C., Edmond, A., & Jent, N. (2007). A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 44(3), 683–700.
- Rohman, A., Triyana, K., Sismindari, & Erwanto, Y. (2012). Differentiation of lard and other animal fats based on triacylglycerols composition and principal component analysis. *International Food Research Journal*, 19(2), 475–479.
- Rohman, Abdul, Himawati, A., Triyana, K., Sismindari, & Fatimah, S. (2017). Identification of pork in beef meatballs using Fourier transform infrared spectrophotometry and real-time polymerase chain reaction. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 654–661.
- Rohman, Abdul, Sismindari, Erwanto, Y., & Che Man, Y. B. (2011). Analysis of pork adulteration in beef meatball using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Meat Science*, 88(1), 91–95.
- Roostita, L. B., & Lengkey, H. A. W. (2014). Determination of pork adulteration in meatballs using enzyme linked immuno sorbent assay (elisa) techniques case study : small medium enterprises meatballs traders at jatinangor education area , sumedang district , west java , indonesia. *Biotechnology in Animal Husbandry*,

DAFTAR PUSTAKA

- 30(2), 289–293.
- Saeed, T., Ali, S. G., Rahman, H. A., & Sawaya, W. N. (1989). Detection of pork and lard as adulterants in processed meat: liquid chromatographic analysis of derivatized triglycerides. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 921–925.
- Said, M. I., Triatmojo, S., Erwanto, Y., & Fudholi, A. (2012). Characteristics of Goat Skin Gelatin That Produced Through Acid and Alkali Process. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 31(3), 190–200.
- Salahudin, A., & Ramli, M. A. (2018). Penggunaan teknologi autentikasi halal dalam verifikasi produk makanan berasaskan daging. *Al-Basirah*, 8(1), 1–10.
- Salamah, N., Erwanto, Y., Martono, S., & Rohman, A. (2019a). Porcine-specific Primer based on Cytochrome B by Real-Time Polymerase Chain Reaction Method for Identification in Raw Meat. *Advances in Health Sciences Research*, 18, 139–143.
- Salamah, N., Erwanto, Y., Martono, S., & Rohman, A. (2019b). Real-Time PCR-based detection of bovine DNA by specific targeting on cytochrome-B. *Pharmaciana*, 9(2), 201.
- Sambrook, J., & Russell, D. W. (2006). Purification of Nucleic Acids by Extraction with Phenol:Chloroform. *Cold Spring Harbor Protocols*, 2006(1), pdb.prot4455.
- Saparni, H. dkk. (2018). *Bisnis Halal : Teori dan Praktik*. Rajawali Press : Depok.
- Sari, M., & Fajar, N. (2018). Alkohol Pada Tapai Ketan Di Kota Batusangkar. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 10(2), 33–36.
- Sarno, R., Izza, S., Rahman, D., Sunaryono, D., & Fatichah, C. (2020). Electronic nose dataset for pork adulteration in beef. *Data in Brief*, 32, 1–5.
- Schmidt, M. M., Dornelles, R. C. P., Mello, R. O., Kubota, E. H., Mazzutti, M. A., Kempka, A. P., & Demiate, I. M. (2016). Collagen extraction process. *International Food Research Journal*, 23(3), 913–922.
- Sebastian, M. (2014). *Industrial Gelatin Manufacture- Theory and Practice*. 1–88.
- Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Kulshrestha, S. (2020). Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods. *Fermentation*, 6(4), 1–20.
- Singhania, R. R., Patel, A. K., Thomas, L., Goswami, M., & Pandey,

- A. (2016). Industrial Enzymes. In *Industrial Biorefineries and White Biotechnology* (Issue January, pp. 103–125).
- Song, S., Tang, Q., Fan, L., Xu, X., Song, Z., Hayat, K., Feng, T., & Wang, Y. (2017). Identification of pork flavour precursors from enzyme-treated lard using Maillard model system assessed by GC–MS and partial least squares regression. In *Meat Science* (Vol. 124). Elsevier B.V.
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (2016). *Principles of Fermentation Technology: Third Edition*. Principles of Fermentation Technology: Third Edition, 1–803.
- Sudjadi, S., & Rohman, A. (2016). *Analisis Derivat Babi*. Gadjah Mada University Press.
- Sugihartono, S., Wahyuningsih, R., & Erwanto, Y. (2019). *Kolagen Dan Gelatin Untuk Industri Pangan Dan Kesehatan*.
- Syakri, S. (2019). *Deteksi Lemak Babi Pada Beberapa Produk Lipstik Cair Impor Menggunakan Spektrofotometer FTIR*. The 1st Alauddin Pharmaceutical Conference and Expo (ALPHA-C), November, 9–20.
- The Global State of Global Islamic Economy Report 2019-2020
- The State of Global Islamic Economy Report 2019-2020
- Thienes, C. P., Masiri, J., Benoit, L. A., Barrios-Lopez, B., Samuel, S. A., Cox, D. P., Dobritsa, A. P., Nadala, C., & Samadpour, M. (2018). Quantitative Detection of Pork Contamination in Cooked Meat Products by ELISA. *Journal of AOAC International*, 101(3), 810–816.
- Tian, X.-Y., Cai, Q., & Zhang, Y.-M. (2012). Rapid Classification of Hairtail Fish and Pork Freshness Using an Electronic Nose Based on the PCA Method. *Sensors*, 12, 260–277.
- Tian, X., Li, Z. J., Chao, Y. Z., Wu, Z. Q., Zhou, M. X., Xiao, S. T., Zeng, J., & Zhe, J. (2020). Evaluation by electronic tongue and headspace-GC-IMS analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with different salt content. *Food Research International*, 137(1), 109456.
- Tieman, M. (2011). The application of Halal in supply chain management: in-depth interviews. *Journal of Islamic Marketing*.
- Utami, P. I., Ryandita, I., & Sundhani, E. (2018). *The 8 th University Research Colloquium*

DAFTAR PUSTAKA

- 2018 Universitas Muhammadiyah Purwokerto S. The 9th University Research Colloquium, November, 129–135.
- Vacawati, W. D., Kuswandi, B., & Wulandari, L. (2013). (Fourier Transform Infrared) dan Kemometrik sebagai Verifikasi Halal (Detection of Lard in Chicken Fat using FTIR (Fourier Transform Infrared) Spectroscopy and Chemometrics as Halal Verification). Academia.Edu, 1–6.
- Vahid, L., Nikzad, N., & Foroughi, E. (2020). Halal assurance systems in enzyme market. Human, Health and Halal Metrics, 1(1), 66–73.
- Wahyuni, S., Maryam, S., & Aminah, A. (2019). Validasi Metode Analisis Cemaran DNA Babi pada Bakso Sapi Menggunakan Primer Mitokondria D-Loop22 dengan Metode Polymerase Chain Reaction (PCR). Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal), 5(1), 65–72.
- Wardani, A. K., & Widyastuti, E. (2016). Deteksi Gelatin Babi Pada Soft Candy Menggunakan Metode Pcr-Rflp Sebagai Salah Satu Pembuktian Kehalalan Pangan. Jurnal Teknologi Pertanian, 16(2), 81–88.
- Waskitho, D., Lukitaningsih, E., Sudjadi, & Rohman, A. (2016). Analysis of lard in lipstick formulation using FTIR spectroscopy and multivariate calibration: A comparison of three extraction methods. Journal of Oleo Science, 65(10), 815–824.
- Xu, L., Cai, C. B., Cui, H. F., Ye, Z. H., & Yu, X. P. (2012). Rapid discrimination of pork in Halal and non-Halal Chinese ham sausages by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and chemometrics. Meat Science, 92(4), 506–510.
- Ya'kub, A.M. (2009). Kriteria halal-haram untuk pangan, obat dan kosmetika menurut al-Qur'an dan Hadist. Jakarta: Pustaka Firdaus.
- <http://www.hdcglobal.com/>
<https://www.bps.go.id>
<https://www.bps.go.id>
<https://www.pewresearch.org/>

MODUL

Metodologi Penelitian Riset Bidang Sains Halal



KNEKS | MENYATUKAN LANGKAH,
MFMALUKAN NFGFRI
Komite Nasional Ekonomi dan Keuangan Syariah

Diterbitkan oleh:

KOMITE NASIONAL EKONOMI DAN KEUANGAN SYARIAH
Kantor KNEKS, Gedung Permata Kuningan Lantai PH
Jalan Kuningan Mulia No. 9C, Jakarta Selatan 12980