

OKT 2025 / BIL. 14 / 2025

EON

Epitome of Nature

MENJULANG INOVASI, MEMPERKASA EKONOMI





PEMODELAN MATEMATIK DALAM INDUSTRI HALAL: ANALISIS GELATIN HALAL DAN TIDAK HALAL

Nurfarhana Hassan^{1*} dan Zarith Sofia Jasmi²
¹Fakulti Sains Komputer dan Matematik, Universiti Teknologi MARA
Cawangan Johor, Kampus Segamat, KM12, Jalan Muar, 85000,
Segamat, Johor
²Fakulti Pengurusan dan Perniagaan, Universiti Teknologi MARA
Cawangan Johor, Kampus Segamat, KM12, Jalan Muar, 85000,
Segamat, Johor

farhanahassan@uitm.edu.my

EDITOR: NOR'AISHAH BINTI ABU SHAH

Permintaan untuk produk makanan yang selamat dan berkesan terus meningkat seiring dengan perkembangan masyarakat. Namun, kemajuan dalam industri ini juga telah membuka peluang untuk penipuan produk, di mana barang – barang tersebut mungkin mengandungi bahan yang tidak dinyatakan atau tidak halal. Beberapa produk komersial sedia ada kemungkinan dilabelkan dengan label yang tidak tepat, terutamanya dari segi sumber bahan – bahan yang digunakan (Yaqub, 2024). Ini menimbulkan kebimbangan dalam kalangan komuniti agama tertentu, terutamanya umat Islam, kerana asal usul bahan mentah dan proses pembuatan mungkin tidak mematuhi garis panduan agama. Bagi umat Islam, pengambilan makanan dan produk halal adalah suatu kewajipan di dalam agama (Al-Qaradhwawi, 1994). Salah satu bahan bukan halal yang paling biasa ditemui dalam

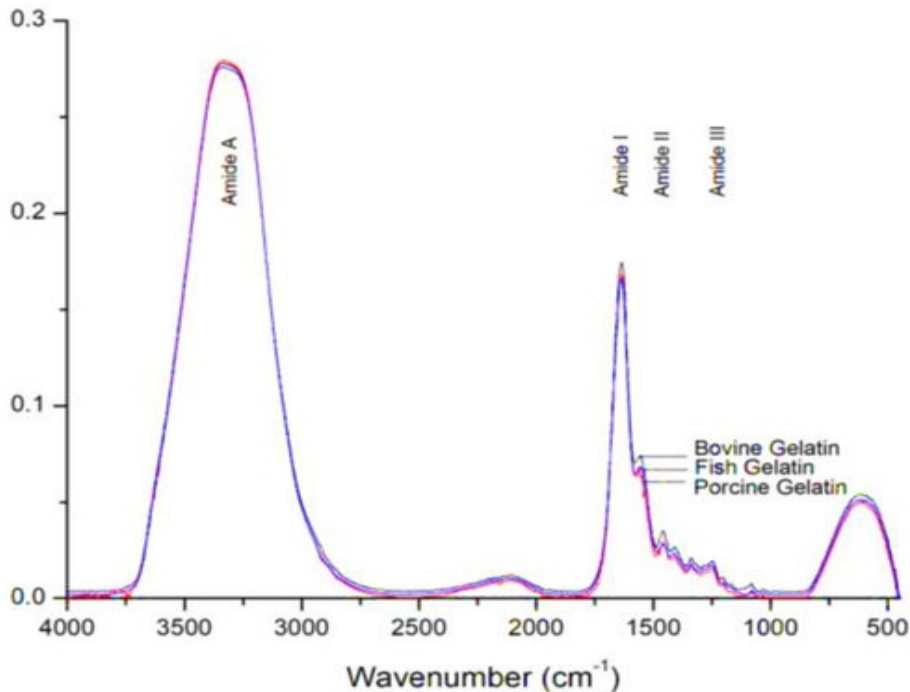
produk makanan adalah gelatin (Anuar et al., 2023). Gelatin telah digunakan secara meluas sebagai bahan dalam pelbagai jenis makanan seperti pencuci mulut, jeli, dan produk berasaskan tenusu (rujuk Gambar 1).

Gelatin diperolehi daripada kolagen haiwan dan ia banyak digunakan kerana keupayaannya dalam pembentukan gel dan pemekatan, menjadikannya



Gambar 1: Makanan bersumberkan gelatin (Sumber: Sinofude, 2024)

serba boleh dalam formulasi makanan dan juga ubat – ubatan. Secara global, majoriti pengeluaran gelatin didominasi oleh negara-negara bukan Islam, seperti negara Eropah, Rusia, dan China (Cochrane, 2016). Ini merupakan cabaran besar bagi pembekal makanan halal di Malaysia bagi memastikan bahawa produk makanan adalah dari sumber gelatin yang halal. Menurut Al-Qaradhwawi (1994), Al-Quran dengan jelas menggariskan bahan mentah yang dilarang untuk umat Islam, termasuk daging babi dan derivatifnya. Oleh itu, pengesanan dan proses mengenalpasti sumber bahan mentah di dalam produk adalah penting. Di negara Islam seperti Malaysia terutamanya, kerajaan amat memberi penekanan yang kuat terhadap pematuhan undang – undang pemakanan Islam. Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (JAKIM) di Malaysia telah memperkenalkan Sistem Jaminan Halal, yang menyediakan garis panduan dan keperluan yang komprehensif untuk pensijilan halal. Sistem ini memainkan peranan penting dalam memastikan setiap produk makanan yang disahkan di bawah logo halal Malaysia mematuhi prinsip – prinsip Islam. Beberapa makmal di Malaysia telah dilantik sebagai Makmal Panel Halal, termasuk Pusat Analisis Halal Malaysia (MyHAC), yang berfungsi sebagai makmal bagi ujian pengesanan halal (Zain et al., 2024). Makmal – makmal ini memainkan peranan penting dalam pengesanan status halal produk, menggunakan teknik analisis kimia.



Gambar 2: Spektrum FTIR gelatin (Sumber: Hassan et al., 2020)

Namun teknik analisis kimia sedia ada sukar untuk membezakan sumber gelatin daripada haiwan seperti babi, lembu, dan ikan, oleh kerana spektrum protein mereka yang hampir sama (Badrul et al., 2023). Oleh itu, teknik yang efektif diperlukan bagi menganalisis data kimia yang diperoleh daripada sumber gelatin tersebut.

Kaedah *chemometrics fuzzy autocatalytic set* (c-FACS) adalah merupakan salah satu kaedah dan inovasi matematik yang berasal daripada gabungan teori set kabur dan graf (Hassan et al., 2020). Kaedah ini diperkenalkan bagi membantu menganalisis data kimia sumber gelatin daripada babi, lembu dan ikan dengan lebih terperinci. Teori set kabur diperkenalkan oleh Zadeh (1965) bagi mengklasifikasikan

elemen dengan nombor kabur 0 hingga 1. Teori ini telah digunakan secara meluas dan turut digabungkan dengan kaedah – kaedah lain bagi memperkuat keputusan analisis. Teori graf pula diperkenalkan oleh Euler pada tahun 1736 (Venkataraman, 2024), yang pada waktu itu sedang menyelesaikan masalah jambatan Königsberg. Inovasi dan pengaplikasian matematik daripada kedua – dua penyelidik ini telah menyumbang kepada perkembangan ilmu dalam bidang sains dan matematik, serta memberikan impak signifikan terhadap penyelesaian masalah sebenar dalam pelbagai sektor seperti kejuruteraan, alam sekitar dan lain – lain. Antara perkembangan ilmu yang terhasil daripada gabungan

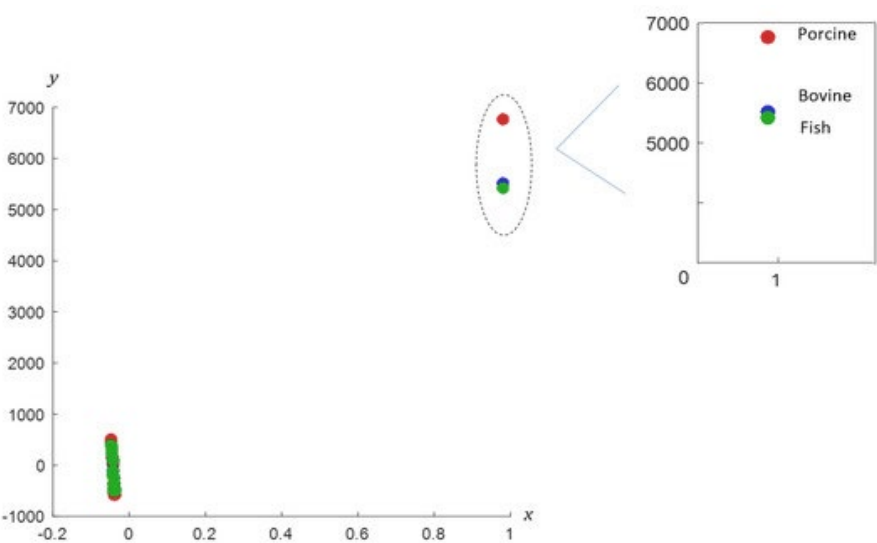
kedua – dua teori ini adalah kaedah c-FACS.

Kaedah ini telah dikodkan di dalam perisian matematik

MATLAB bagi memudahkan proses pengiraan, analisis data dan visualisasi. Kaedah ini terdiri daripada beberapa prosedur matematik. Prosedur yang pertama adalah pemodelan spektrum gelatin, yang diperoleh daripada kaedah analisis kimia iaitu spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR). Spektrum yang dihasilkan daripada kaedah FTIR mengandungi maklumat terperinci mengenai struktur kimia di dalam sampel. Namun, bagi sampel gelatin babi, lembu dan ikan, spektrum mereka sukar dibezakan melalui FTIR (rujuk Gambar 2).

Oleh itu, kaedah c-FACS digunakan bagi menganalisis data yang diperoleh daripada FTIR, dengan memodelkan data tersebut di dalam bentuk graf kabur, yang mengandungi bucu dan sisi. Kemudian, prosedur yang kedua adalah penghasilan nombor kabur menggunakan formula matematik, di antara nilai 0 hingga 1 dan nombor tersebut diletakkan pada setiap bucu. Prosedur yang ketiga adalah pembinaan matriks, di mana graf kabur tersebut di tulis dalam bentuk matriks segi empat sama. Akhir sekali, penganalisisan menggunakan kaedah kecerunan konjugat dan Laplacian digunakan untuk menghasilkan serta memvisualkan graf kabur tersebut dalam bentuk graf kabur berkoordinat. Hasil analisis daripada c-FACS menunjukkan bahawa spektrum gelatin babi sebenarnya mempunyai perbezaan corak yang agak ketara berbanding lembu dan ikan (rujuk Gambar 3).

Kesimpulannya, inovasi matematik memainkan peranan penting dalam pelbagai industri, khususnya industri halal, dalam menentukan status halal atau tidak halal sesuatu produk. Kaedah analisis kimia sedia ada



Gambar 3: Corak graf kabur berkoordinat gelatin (Sumber: Koleksi Peribadi Penulis)

mampu untuk menganalisis dan mengesahkan status halal sesuatu produk. Namun, kesukaran wujud bagi produk yang menggunakan gelatin yang menggunakan gelatin sebagai bahan, oleh kerana struktur protein gelatin bagi sumber babi, lembu dan ikan amat sukar dibezakan. Penggabungan teknik kimia dan matematik mampu mengukuhkan kredibiliti sistem halal di Malaysia. Justeru, aplikasi inovatif ini bukan sahaja menyokong keperluan industri halal tetapi juga meningkatkan keyakinan pengguna di kalangan umat Islam.

Rujukan

