

Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) kini menjadi pemacu kepada transformasi besar dalam industri makanan global. Jika dahulu, inovasi makanan bergantung pada penyelidikan tradisional berasaskan makmal, pemerhatian visual dan tenaga manusia, tetapi kini sistem automasi pintar mengambil alih banyak tugas yang memerlukan ketepatan, ramalan serta analisis data berskala besar.

Teknologi ini bukan sekadar mempercepat kerja, malah mengubah keseluruhan rantaian makanan, daripada pertanian, pemprosesan, keselamatan makanan, pembungkusan, penyimpanan hinggalah ke meja pengguna. Seiring dengan cabaran populasi dunia yang semakin meningkat, perubahan iklim serta keperluan makanan yang lebih selamat dan lestari, teknologi AI menjadi alat penting untuk memodenkan sistem makanan pada masa ini.

Pertanian Pintar dan Pengeluaran Bahan Mentah

Dalam sektor pertanian, teknologi AI memperkenalkan pendekatan pertanian teliti atau *precision agriculture*. Sistem ini menggunakan gabungan kamera berbilang spektrum, penerima Internet benda atau *Internet of Thing* (IoT), dron dan perimejan satelit untuk memantau tanah serta tanaman secara masa nyata seperti kelembapan tanah, tahap nutrien, suhu dan risiko penyakit.

Dron digunakan bagi tujuan pemetaan dan pemantauan ladang, dengan kamera spektrum dipasang untuk menganalisis keadaan tanaman. Perimejan satelit pula membolehkan pemantauan ladang dari angkasa. Penerima tanah IoT mengukur kelembapan, nutrien dan suhu,



KECERDASAN BUATAN MENGUBAH LANDSKAP TEKNOLOGI MAKANAN



manakala penderia Tractor Application Control (TAC) pada traktor berfungsi untuk pemantauan serta kawalan input baja dan air.

Kebanyakan ladang moden di Jepun, Belanda dan Korea Selatan menggunakan teknologi AI untuk menganalisis kelembapan tanah, tahap nutrien, suhu persekitaran serta risiko penyakit. Data ini membolehkan sistem menjana cadangan automatik tentang masa tepat untuk penyiraman, pembajaan atau penyemburan racun serangga.

Di Jepun, pertanian yang dikendalikan oleh syarikat

Spread Co. menggunakan teknologi AI sepenuhnya untuk mengawal pencahayaan diod pancaran cahaya, suhu serta kepekatan gas karbon dioksida. Dengan kawalan optimum ini, penggunaan air dapat dikurangkan hampir 98 peratus, manakala produktiviti semakin meningkat.

Di Malaysia pula, beberapa ladang sayuran berteknologi tinggi di Cameron Highlands menggunakan kamera dan model ramalan penyakit bagi mengesan bintik kulat pada daun salad dan strawberi lebih awal, sekali gus mengurangkan kebergantungan pada racun perosak dan mengelakkan kerugian hasil.

Automasi Pemprosesan Makanan dalam Kilang Moden

Teknologi AI memainkan peranan penting dalam pemprosesan makanan melalui sistem pemeriksaan automatik yang jauh lebih konsisten berbanding dengan tenaga manusia. Kilang pemprosesan snek, tenusu dan konfeksi di seluruh dunia menggunakan kamera beresolusi tinggi dan algoritma pengesanan imej untuk memeriksa tekstur, warna dan bentuk produk. Sistem ini mampu mengenal pasti kecacatan kecil seperti lebihan pembakaran pada kerepek atau ketidakseimbangan acuan pada coklat dalam masa beberapa saat.



Penggunaan teknologi AI dalam sektor pertanian.

Tindakan pembetulan dilakukan secara automatik bagi memastikan produk yang dihasilkan mematuhi piawaian kualiti yang ketat.

Dalam industri pemprosesan ayam dan makanan laut, teknologi AI digunakan untuk memeriksa kebersihan bahagian badan ternakan (karkas) serta menganalisis tanda penyakit yang mungkin tidak kelihatan jelas pada mata kasar. Dengan keupayaan membaca ratusan imej dalam beberapa saat, sistem ini meminimumkan risiko makanan yang tercemar memasuki pasaran. Automasi ini juga membantu mengurangkan kadar kecederaan pekerja yang sering berlaku dalam sektor pemprosesan makanan yang melibatkan pergerakan pantas dan peralatan tajam.

Keselamatan Makanan: Teknologi AI sebagai Sistem Amaran Awal

Isu keselamatan makanan menjadi semakin kritikal apabila peningkatan permintaan global menyebabkan industri bergerak lebih pantas. Teknologi AI kini menjadi alat penting dalam pengesanan pencemaran, sama ada dari segi biologi, kimia ataupun fizikal. Di makmal ujian makanan di Amerika Syarikat dan Eropah, teknologi ini digabungkan dengan kaedah penjujukan generasi hadapan atau *next-generation sequencing* (NGS) untuk mengesan bakteria berbahaya seperti *Salmonella*, *Escherichia coli* dan *Listeria* dengan lebih cepat.

NGS boleh "membaca" beribu-ribu serpihan asid deoksiribonukleik (DNA) dalam

sampel makanan secara serentak. Menerusi kaedah ini, corak DNA bakteria dapat dikenal pasti dalam beberapa minit, membandingkan data dengan pangkalan data genom mikroorganisma global, mengklasifikasikan spesies patogen dengan automatik serta berupaya mengesan mutasi atau strain berbahaya tanpa perlu pemeriksaan manual. Hal ini membolehkan pengesanan kehadiran bakteria walaupun pada kepekatan yang sangat rendah sebelum bakteria membiak ke tahap berbahaya. Proses yang dahulunya mengambil masa hingga lima hari, kini dapat diselesaikan dalam tempoh kurang 24 jam.

Dalam skala komersial, restoran besar di Korea Selatan dan China menggunakan sistem pemantauan dapur yang menggunakan pengesanan imej untuk menilai kebersihan permukaan, keadaan peralatan memasak dan pergerakan kakitangan di dapur. Sistem akan memberikan isyarat sekiranya berlaku pencemaran silang, pekerja tidak mencuci tangan atau bahan mentah diletakkan di zon yang salah. Pendekatan ini terbukti mengurangkan risiko keracunan makanan dan meningkatkan pematuan piawaian Takat Kawal Kritis Analisis Bahaya atau *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) secara konsisten tanpa bergantung sepenuhnya pada pemeriksaan manusia.

Pengurusan Rantaian Sejuk dan Penyimpanan Pintar

Makanan mudah rosak bergantung pada rantai sejuk yang stabil. Teknologi AI kini memperkukuh aspek ini dengan ketepatan yang jauh lebih tinggi berbanding dengan sistem manual. Dalam industri logistik makanan di Belanda, Kanada dan China, trak pengangkutan dilengkapi dengan penderia suhu yang menghantar data ke pusat kawalan. Teknologi AI mampu mengesan sebarang perubahan kecil dalam suhu dan kelembapan yang berpotensi merosakkan makanan. Jika berlaku

perubahan yang mencurigakan walaupun sekecil 0.3 darjah Celsius, sistem akan mengaktifkan amaran automatik serta mencadangkan tindakan pembetulan seperti pelarasan suhu atau penggantian unit penyejukan.

Selain itu, teknologi AI juga digunakan untuk meramalkan tarikh luput sebenar produk berdasarkan keadaan penyimpanan, bukan sekadar tarikh pada pembungkusan. Dengan kemampuan ini, pembaziran makanan dapat dikurangkan dengan signifikan kerana syarikat boleh mengenal pasti makanan yang masih selamat dimakan walaupun menghampiri tarikh luput. Teknologi ini juga bermanfaat untuk produk berasaskan tenusu, daging proses dan makanan beku yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu.

Inovasi Produk Makanan melalui Pemodelan Teknologi AI

Teknologi AI memberikan revolusi baharu dalam inovasi produk makanan, terutamanya dalam pembangunan makanan berasaskan tumbuhan. Syarikat seperti Impossible Foods menggunakan pemodelan molekul berasaskan teknologi AI untuk memahami struktur kimia dan aroma daging yang sebenar. Melalui analisis ribuan kombinasi protein, lemak dan perisa daripada tumbuhan, syarikat ini berjaya menghasilkan produk alternatif berasaskan tumbuhan yang menyerupai rasa dan tekstur daging, malah lebih bersifat mesra alam.

Dalam bidang nutrisi pula, syarikat minuman probiotik dan makanan kesihatan menggunakan teknologi AI untuk menganalisis hubungan antara makanan dengan mikrobiom usus

manusia. Maklumat ini digunakan untuk menghasilkan formula makanan fungsian yang disesuaikan dengan keperluan kesihatan tertentu seperti imuniti, sistem pencernaan atau kesihatan otak.

Pengalaman Pengguna dan Pemakanan Diperibadikan

Pada peringkat pengguna, teknologi AI memperkenalkan konsep pemakanan diperibadikan berdasarkan data kesihatan individu. Aplikasi diet pintar kini berupaya menganalisis biometrik, rutin harian dan sejarah pemakanan seseorang untuk mencadangkan menu yang seimbang. Di sesetengah restoran moden di China dan Jepun, kios pesanan dengan pengecaman wajah mencadangkan hidangan mengikut umur, jantina, sejarah pesanan dan keperluan kalori. Walaupun menimbulkan perbincangan dari segi privasi, teknologi ini jelas meningkatkan keselesaan pelanggan dan membantu memudahkan pemilihan makanan, terutamanya bagi individu yang mempunyai keperluan diet khusus seperti pesakit diabetes atau atlet berprestasi tinggi.

Kecerdasan buatan kini membentuk semula keseluruhan ekosistem makanan, daripada kaedah penanaman dan pemprosesan hingga penyimpanan dan pengedaran makanan kepada pengguna. Keupayaan teknologi AI menilai risiko, meramalkan kerosakan, menghasilkan inovasi baharu dan mengoptimalkan penggunaan sumber, sekali gus menjadikannya komponen penting dalam usaha mencapai keselamatan makanan global yang lebih kukuh. Dengan pelaksanaan yang strategik, teknologi AI bukan sahaja meningkatkan kecekapan industri, malah menyokong matlamat kelestarian untuk jangka masa panjang. @



Sistem pemeriksaan automatik terhadap tekstur, warna dan bentuk produk.

Ts. Dr. Abdullah Amru Indera Luthfi,
Jabatan Kejuruteraan Kimia dan Proses,
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia.