E - M A J A L A H

NEXUS+ PLUS

JUN 2025 • Bil: 01/2025 **EDISI #03**



DARI SISA LADANG KE MAKMAL

SUPERFOOD YANG KITA CARI SELAMA INI

BAKTERIOFAJ VS SUPERBUG

HARAPAN BAHARU MENEWASKAN KERINTANGAN ANTIBIOTIK

FOTOKATALISIS SIANG-MALAM

TEKNOLOGI MESRA ALAM YANG BEKERJA TANPA HENTI

MIGRASI KEDIDI DAN ENGGANG

PEMANASAN GLOBAL UBAH LALUAN BURUNG KITA

AI DAN SPESIES TERAKHIR KUDA LIAR

TEKNOLOGI MENYELAMATKAN BIODIVERSITI DUNIA

e ISSN 3036-0455

TERBITAN EDISI KETIGA | JUN 2025

© Hak cipta terpelihara

Tidak dibenarkan mengeluar ulang mana-mana bahagian isi kandungan daripada majalah ini termasuk artikel, ilustrasi dan fotokopi dalam apa jua bentuk dan cara sekalipun sama ada elektronik, fotokopi, mekanikal, rakaman atau cara lain sebelum mendapat keizinan daripada penerbit.

Penafian: Isi artikel merupakan pendapat dan pandangan penulis serta tidak semestinya mencerminkan pendirian penerbit atau penyunting majalah. Ketepatan kandungan adalah tanggungjawab penulis masing-masing.

Penerbit menafikan sebarang liabiliti di atas kesilapan dan ketidaktepatan yang timbul daripada penggunaan informasi yang disajikan dalam majalah ini.

Diterbitkan dan diedar oleh:

YAYASAN STRATEGIK LESTARI
(PPAB-14/2022)

No. 93A-1, Jalan Prima SG 3, Prima Sri Gombak, 68100 Batu Caves, Selangor

No. Telefon: +60 11-5770 9954
Emel: admin@yslestari.com
Laman Web: www.yslestari.org.my

SIDANG REDAKSI

Ketua Pengarang
Dr. Mukhtaruddin Musa

Pengurus Penerbitan
Ahmad Shauqi Johara

Pengarang
Dr. Muhamad Hafiz Abd Rahim
Dr. Amirul Faiz Mohd Azmi
Prof Madya Dr. Kumara Thevan Krishnan
Madam Noor Azlinee A. Kadir
Dr. Aainaa Syazwani Mohamad Amir Hamzah
Nor Akmar Abdul Aziz
Dr. Khairunissa Syairah Ahmad Sohaimi
Noorhidayah Ishak
Dr. Amira Farzana Samat
Dr. Raja Ili Airina Raja Khalif
Teoh Cui Shan
Dr. Kharul Azmi Mu'azzam Abdul Rahman
Dr. Hazreen Haizi Harith
Dr. Nurulhuda Khairudin
Prof Madya Dr. Samsuzana Abd Aziz
Dr. Ruhil Hayati Hamdan
Dr Tan Li Peng

Pewasit
Dr Mohd bin Mahmud @ Mansor
Prof Madya Dr Mohd Hafiz Jamaludin
Prof Madya Dr Siti Fairus Mohamed Yusoff
Dr Noor Hasyierah Mohd Salleh
Dr Mohd Zharif Ramli
Ts Dr Suhana Zakaria
Dr Irene Christianus
Prof Madya Dr Haryati Shafii
Prof Dr Najiah Musa

Reka Bentuk
Zulkhairi Zaidi

Isi Kandungan

Kata Pengantar 1

KETERJAMINAN MAKANAN

Pemanfaatan Sumber Sisa Pertanian (Bahagian 1): Bahan Alternatif dalam Pemakanan Ternakan 3

Pemanfaatan Sumber Sisa Pertanian (Bahagian 2): Pendekatan Lestari Menyokong SDG 2030 8

Unlocking Peach Palm's Nutritonal Goldmine for Malaysia's Agricultural Future 13

PERUBAHAN IKLIM

Dari Sisa Ladang Ke Makmal: Superfood Yang Kita Cari Selama Ini 16

Kedidi dan Enggang dalam Bahaya: Pemanasan Global Mengancam Migrasi Burung 19

Urban Parks in Peril: Is There Still Room to Breathe? 22

TEKNOLOGI HIJAU

Green Technology through Day-Night Photocatalysis: A Sustainable Approach to Environmental Remediation 24

Apabila Cahaya dan Polimer Bekerjasama Selamatkan Alam 27

The Future of Plastic Degradation: Can Microbes Solve Our Waste Crisis?. 31

TEKNOLOGI PERTANIAN

AI Menyelamatkan Spesies Kuda Liar Terakhir di Dunia 35

Sekutu Tersembunyi: Rahsia Mikrob Endofit dalam Menjamin Pertanian Mampan 39

Bertani dengan Data: Pemodelan Untuk Masa Depan Pertanian dan Keterjaminan Makanan Malaysia 43

KESIHATAN

Bakteriofaj Sebagai Alternatif Melawan Superbug dan Kerintangan Antibiotik 50

Rujukan 53

Kata Pengantar



Syukur ke hadrat Allah SWT, NEXUS+ kini melangkah ke edisi ketiga pada tahun 2025 dengan penuh semangat dan komitmen dalam menyebarkan maklumat berasaskan ilmu dan solusi lestari. Sebagai majalah digital yang berteraskan kelestarian alam sekitar dan keterjaminan makanan, edisi kali ini terus menekankan kepentingan inovasi, penyelidikan dan pendekatan saintifik dalam menangani cabaran global dan tempatan yang semakin kompleks.

Edisi ini memuatkan pelbagai tema yang memperlihatkan sinergi antara sains, teknologi dan alam sekitar. Daripada pemanfaatan sisa pertanian dan teknologi fotokatalisis, hinggalah kepada peranan mikroorganisma dalam pengurusan sisa plastik serta pemeliharaan biodiversiti — artikel-artikel yang dikupas menawarkan pandangan yang mendalam dan bernas tentang potensi sumber alternatif yang sering kali terpinggir.

Kami turut mengetengahkan topik seperti penggunaan *artificial insemination (AI)* dalam usaha memulihara spesies liar terakhir, pemodelan berasaskan data untuk memperkukuh masa depan sektor pertanian, serta pendekatan baharu dalam melawan ancaman superbug yang menjadi isu kesihatan sejagat. Penulisan yang dikongsikan bukan sahaja menampilkan hasil kajian dan pemikiran ilmiah, malah turut mencerminkan kesungguhan anak tempatan dalam menyumbang kepada wacana kelestarian dan keselamatan makanan negara.

Semuanya disatukan dalam satu naskhah yang memperkukuh peranan NEXUS+ sebagai jambatan antara penyelidik, pengamal industri, pembuat dasar dan masyarakat umum. Kami percaya penyelesaian kepada cabaran hari ini memerlukan kolaborasi rentas disiplin dan perkongsian pengetahuan yang berterusan.

Sebagai platform terbuka dan inklusif, kami terus mengalu-alukan sumbangan idea, kajian serta penulisan daripada pelbagai pihak — tidak kira latar belakang atau bidang kepakaran. Semoga NEXUS+ terus menjadi pemangkin kepada perubahan yang lebih lestari, lebih berdaya tahan dan lebih berjiwa masa depan, demi kelangsungan bumi dan generasi yang akan datang.

Terima kasih atas kepercayaan, sokongan dan semangat yang berterusan daripada para pembaca, penulis dan rakan kerjasama kami. Kami berharap penerbitan ini memberi manfaat dan mencetuskan inspirasi kepada semua.

DR. MUKHTARUDDIN MUSA
Pengarah Urusan, Yayasan Strategik Lestari
drmukhtar@yslestari.com

Pemanfaatan Sumber Sisa Pertanian (Bahagian 1): Bahan Alternatif dalam Pemakanan Ternakan

Dalam usaha mencapai Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) 2030, sektor pertanian dan penternakan memainkan peranan penting dalam mengurangkan pembaziran sumber dan meningkatkan keberkesanan penggunaan bahan mentah. Salah satu pendekatan yang semakin mendapat perhatian ialah penggunaan sisa pertanian sebagai bahan alternatif dalam makanan ternakan. Pendekatan ini bukan sahaja membantu mengurangkan pencemaran alam sekitar tetapi juga mengurangkan kos pemakanan ternakan, sekaligus meningkatkan daya saing industri penternakan.

Sumber Sisa Pertanian sebagai Bahan Alternatif



Sisa pertanian merangkumi pelbagai bahan seperti jerami padi, dedak padi, hampas sawit, batang jagung, kulit kacang soya, dan sisa buah-buahan. Bahan-bahan ini sering dianggap sebagai buangan, tetapi sebenarnya mengandungi nilai pemakanan yang boleh dimanfaatkan dalam formulasi makanan ternakan. Beberapa contoh sisa pertanian yang boleh digunakan adalah:

1. Jerami Padi – Kaya dengan serat tetapi mempunyai kandungan protein yang rendah. Ia boleh diproses dengan rawatan kimia atau biologi untuk meningkatkan kecernaan.
2. Dedak Padi – Mengandungi serat, lemak, dan protein yang berguna dalam diet ruminan.
3. Hampas Kelapa Sawit – Sumber tenaga yang baik, terutama untuk ruminan seperti lembu dan kambing.

4. Kulit Kacang Soya – Kaya dengan serat larut dan boleh digunakan sebagai sumber tenaga dalam makanan ternakan monogastrik seperti ayam dan babi.
5. Hampas Buah-buahan (seperti nanas dan pisang) – Mengandungi gula semula jadi yang baik untuk meningkatkan selera makan ternakan.

Pemilihan bahan alternatif dalam formulasi makanan ternakan perlu berdasarkan kepada profil pemakanan yang lengkap serta keberkesanannya dalam menyokong pertumbuhan dan kesihatan haiwan. Beberapa jenis sisa pertanian tempatan yang berpotensi tinggi telah dikenal pasti mengandungi nilai nutrien yang sesuai, terutamanya dalam konteks ruminan. Jadual berikut menunjukkan komposisi nutrien asas bagi lima sumber sisa pertanian utama di Malaysia:

Jenis Sisa Pertanian	Protein Kasar (%)	Serat Kasar (%)	Lemak Kasar (%)	Abu (%)	Tenaga Boleh Terurai (kcal/kg)
Pelepah Sawit	4.0 - 6.0	30 - 38	1.5 - 2.5	6 - 8	1,200
Hampas Soya	42 - 48	4 - 6	1 - 2	6 - 7	2,400
Sisa Padi (Jerami)	3.5 - 5.5	32 - 36	1 - 1.5	12 - 15	1,100
Hampas Nenas	6 - 8	15 - 20	0.5 - 1.0	6 - 7	1,500
Hampas Tebu	2.5 - 4.0	35 - 45	0.4 - 0.7	3 - 4	1,000

Jadual 1: Komposisi nutrien pemakanan terpilih sisa pertanian tempatan (per 100g bahan kering)

Nota: Nilai mungkin berbeza mengikut kaedah pemprosesan, kelembapan asal, dan lokasi sumber. Sumber data: Zahari et al., (2012) and Loh, (1999).

Daripada segi kepentingan pemakanan, pelepah sawit dan jerami padi mempunyai kandungan serat kasar yang tinggi, menjadikannya sesuai digunakan dalam diet ruminan. Walau bagaimanapun, kedua-dua bahan ini memerlukan rawatan tambahan seperti ammoniasi atau fermentasi untuk meningkatkan kebolehcernaan serta nilai tenaga metabolik. Hampas soya pula merupakan sisa pertanian yang sangat kaya dengan nutrien, khususnya protein, dan sesuai digunakan untuk semua jenis ternakan termasuk ayam pedaging, babi dan ikan. Kandungan proteinnya yang tinggi menjadikannya antara bahan utama dalam formulasi makanan ternakan berasaskan tumbuhan.

Seterusnya, hampas nenas dikenal pasti sebagai sumber tenaga alternatif kerana kandungan gula terlarutnya yang tinggi serta sifatnya yang palatabel, sekali gus menjadikannya sesuai untuk digunakan dalam diet lembu tenusu dan lembu daging. Sementara itu, hampas tebu walaupun rendah dari segi kandungan protein dan tenaga, mempunyai potensi sebagai bahan pengisi dalam formulasi diet ruminan sekiranya melalui rawatan bioteknologi yang sesuai seperti fermentasi atau pemprosesan enzimatik.

Dengan penggunaan teknologi pemprosesan moden seperti rawatan enzimatik, fermentasi atau penambahan probiotik, kandungan nutrien dalam sisa pertanian ini boleh ditingkatkan dan dioptimumkan mengikut keperluan spesies ternakan.

Kajian menunjukkan bahawa campuran hampas soya dan hampas nenas selepas fermentasi menghasilkan peningkatan kecernaan bahan kering sebanyak 15–25% berbanding bahan mentah asal.

Inovasi Bioteknologi Pemprosesan Sisa Pertanian: Rawatan Enzimatik dan Fermentasi sebagai Pendekatan Pintar dalam Nutrisi Ternakan

Sisa pertanian lazimnya mengandungi kadar serat kasar dan lignin yang tinggi serta bahan anti-nutrien seperti fitat, tanin dan inhibitor enzim yang boleh menjejaskan penyerapan nutrien oleh ternakan. Oleh itu, pelaksanaan teknik pemprosesan yang sesuai adalah penting untuk meningkatkan nilai pemakanan dan kebolehcernaan bahan ini sebelum digunakan sebagai bahan makanan alternatif. Dua pendekatan utama yang terbukti berkesan adalah rawatan enzimatik dan fermentasi mikroorganisma.

1. Rawatan Enzimatik

Rawatan enzimatik melibatkan penggunaan enzim yang mampu memecahkan struktur kompleks komponen tumbuhan, terutamanya lignoselulosa yang menghalang pencernaan.

Contoh Aplikasi

- Enzim yang dihasilkan oleh kulat seperti Trichoderma reesei, Aspergillus niger, dan Pleurotus ostreatus menghasilkan enzim seperti selulase, hemiselulase, dan ligninase yang berfungsi memecahkan lignin dan serat kasar dalam bahan seperti jerami padi, tongkol jagung dan tandan kosong sawit. Pemecahan ini membolehkan nutrien penting seperti karbohidrat boleh diakses dengan lebih mudah oleh mikroorganisma rumen atau sistem pencernaan haiwan monogastrik.

Kelebihan:

- Meningkatkan kebolehcernaan bahan serat tinggi.
- Mengurangkan keperluan kepada makanan pekat yang mahal.
- Sesuai untuk ruminan dan, dengan formulasi khas, boleh disesuaikan untuk ayam dan khinzir.

2. Fermentasi Pepejal dan Cecair

Fermentasi melibatkan penggunaan mikroorganisma seperti kulat dan bakteria untuk memperbaiki kandungan nutrien dan menurunkan kandungan faktor anti-nutrien dalam sisa pertanian.

Contoh Aplikasi

- Saccharomyces cerevisiae (yis) dan Lactobacillus spp. (bakteria asid laktik) digunakan dalam fermentasi dedak padi dan hampas kelapa bagi meningkatkan kandungan protein kasar, menurunkan pH dan memperbaiki kestabilan bahan semasa penyimpanan.
- Fermentasi oleh kulat seperti Aspergillus oryzae boleh menghasilkan fitase semula jadi yang membantu menghapuskan asid fitik, iaitu faktor anti-nutrien yang mengganggu penyerapan mineral penting seperti zink, fosforus dan kalsium.

Kelebihan:

- Meningkatkan nilai protein (protein biomass enrichment).
- Mengurangkan faktor anti-nutrien seperti tanin, asid fitik, dan trypsin inhibitor.
- Meningkatkan palatabiliti dan penerimaan oleh haiwan.

3. Kombinasi Rawatan Enzimatik-Fermentasi

Gabungan kedua-dua teknik ini boleh menghasilkan kesan sinergistik. Sebagai contoh, sisa seperti jerami gandum atau sekam padi yang dirawat terlebih dahulu dengan enzim selulase, kemudiannya diperam menggunakan Lactobacillus plantarum, menghasilkan substrat berprotein tinggi, rendah lignin dan lebih stabil untuk digunakan dalam diet ternakan.

Impak Terhadap Kesesuaian Pemakanan Ternakan

- Untuk ruminan, rawatan ini membolehkan penggunaan sisa berkandungan serat tinggi tanpa menjejaskan fungsi rumen.
- Untuk monogastrik seperti ayam dan khinzir, teknik ini membantu mengurangkan kehadiran faktor anti-nutrien yang boleh mengganggu prestasi pertumbuhan dan penyerapan nutrien.
- Sesuai juga untuk sistem ternakan integrasi, terutamanya dalam konsep ekonomi sirkular di ladang.



Biografi Penulis

Dr. Amirul Faiz bin Mohd Azmi ialah pensyarah kanan di Fakulti Perubatan Veterinar, Universiti Malaysia Kelantan. Beliau aktif menjalankan penyelidikan dalam bidang pemakanan ternakan serta membina jaringan penerbitan bersama penyelidik antarabangsa bagi memperkukuh perkongsian ilmu dan inovasi.

Pemanfaatan Sumber Sisa Pertanian (Bahagian 2): Pendekatan Lestari Menyokong SDG 2030

Manfaat Penggunaan Sisa Pertanian dalam Pemakanan Ternakan

1. Pengurangan Kos Pengeluaran

Makanan ternakan merupakan salah satu komponen kos utama dalam industri penternakan. Dengan menggunakan sisa pertanian, penternak dapat mengurangkan pergantungan kepada bahan makanan komersial yang mahal, seterusnya meningkatkan keuntungan mereka.

2. Kelestarian Alam Sekitar

Penggunaan sisa pertanian dalam pemakanan ternakan bukan sahaja membantu mengurangkan pembaziran dan pelepasan karbon yang berpunca daripada pelupusan secara terbuka atau pembakaran sisa pertanian, malah secara langsung menyokong pelbagai Matlamat Pembangunan Lestari (SDG). Selain menyumbang kepada SDG 12 (Kepenggunaan dan Pengeluaran yang Bertanggungjawab) dan SDG 13 (Tindakan terhadap Perubahan Iklim), pendekatan ini turut menyokong SDG 2 (Kelaparan Sifar) dengan menyediakan alternatif makanan ternakan yang lebih murah, sekali gus menurunkan kos pengeluaran dan meningkatkan akses kepada sumber protein haiwan yang berpatutan.

Inisiatif ini juga selari dengan SDG 8 (Pekerjaan yang Baik dan Pertumbuhan Ekonomi) kerana ia membuka peluang pekerjaan dan menambah sumber pendapatan baharu kepada petani kecil serta usahawan tempatan yang terlibat dalam pengumpulan dan pemprosesan sisa pertanian.

Tambahan pula, penggunaan teknologi seperti penapaian dan rawatan urea dalam meningkatkan nilai pemakanan sisa menyumbang kepada SDG 9 (Industri, Inovasi dan Infrastruktur), dengan menggalakkan pembangunan agroinovasi dan pemodenan sektor makanan ternakan.

Di samping itu, pengurangan pembakaran terbuka membantu mengurangkan pencemaran tanah dan udara, menyumbang kepada perlindungan biodiversiti dan kelestarian ekosistem daratan, sejajar dengan SDG 15 (Kehidupan di Darat).

3. Meningkatkan Kecekapan Pemakanan

Sesetengah bahan buangan pertanian boleh meningkatkan kadar pertumbuhan dan kesihatan ternakan jika diformulasikan dengan betul dalam diet haiwan. Sebagai contoh, penggunaan enzim atau fermentasi boleh meningkatkan kadar kecernaan dan penyerapan nutrien.

4. Mengurangkan Kebergantungan terhadap Bahan Import

Malaysia masih banyak mengimport bahan makanan ternakan seperti jagung dan kacang soya. Dengan memanfaatkan sumber tempatan, negara dapat mengurangkan kebergantungan kepada import dan memperkukuh sekuriti makanan negara.

Kajian Kes: Pelaksanaan Berjaya Pemanfaatan Sisa Pertanian dalam Pemakanan Ternakan di Malaysia

Bagi memperkukuh hujah terhadap kepentingan dan keberkesanan penggunaan sisa pertanian sebagai bahan alternatif dalam pemakanan ternakan, berikut adalah beberapa kajian kes dan contoh kejayaan pelaksanaan di Malaysia yang sejajar dengan matlamat pembangunan mampan (SDG 2030):

1. Penggunaan Hampas Nanas dalam Diet Ternakan Ruminan – Johor

Di kawasan Simpang Renggam, Johor, sebuah ladang ternakan lembu tenusu telah berjaya menggantikan sebahagian besar sumber serat tradisional dengan hampas nanas, hasil sampingan daripada kilang pemprosesan nanas. Kajian oleh Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) mendapati bahawa hampas nanas yang

difermentasi boleh meningkatkan palatabiliti makanan dan memberi kesan positif terhadap penghasilan susu tanpa menjejaskan kesihatan haiwan. Inisiatif ini mengurangkan sisa buangan pertanian serta kos makanan ternakan sebanyak 20%.

2. Projek Integrasi Sisa Padi sebagai Makanan Itik – Kedah

Di negeri Kedah, terdapat projek kerjasama antara pesawah dan penternak itik yang memanfaatkan sekam dan dedak padi sebagai bahan utama dalam formulasi makanan itik. Melalui pendekatan ini, petani dapat menambah nilai kepada sisa mereka, sementara penternak mengurangkan pergantungan kepada makanan komersial yang mahal. Projek ini juga melibatkan pemprosesan mudah seperti penapaian untuk meningkatkan nilai nutrien, sekaligus menyokong ekonomi pekebun kecil dan mengurangkan pembaziran.

3. Penggunaan Sisa Kelapa Sawit untuk Ternakan Kambing – Sabah

Satu kajian lapangan di Tawau, Sabah menunjukkan keberkesanan penggunaan pelepah dan serbuk tandan kosong sawit yang diproses sebagai sebahagian daripada diet kambing pedaging. Dengan teknologi rawatan menggunakan urea dan penapaian, serat yang keras menjadi lebih mudah dihadam. Program ini turut mendapat sokongan daripada Jabatan Perkhidmatan Veterinar (JPV) negeri dan telah membantu penternak kecil menjimatkan kos dan meningkatkan margin keuntungan mereka.

Cadangan Dasar untuk Menggalakkan Pemanfaatan Sisa Pertanian dalam Pemakanan Ternakan

Bagi memastikan pemanfaatan sumber sisa pertanian sebagai bahan alternatif dalam pemakanan ternakan dapat dilaksanakan secara meluas, berkesan dan berterusan, sokongan dasar yang kukuh dan menyeluruh amat diperlukan. Pelaksanaan dasar-dasar ini secara bersepadu akan mewujudkan ekosistem sokongan yang kukuh untuk memperluas penggunaan sisa pertanian dalam pemakanan ternakan, sekaligus menyumbang kepada pencapaian SDG 2, 8, 9, 12, 13 dan 15 secara lebih menyeluruh. Beberapa cadangan dasar utama adalah seperti berikut:

1. Insentif Kewangan dan Subsidi Khusus

Kerajaan boleh menyediakan subsidi atau geran khas kepada penternak dan pengusaha makanan ternakan yang menggunakan atau memproses sisa pertanian sebagai bahan mentah. Skim insentif ini boleh mengurangkan kos awal pelaburan dalam teknologi rawatan sisa serta meningkatkan daya saing produk makanan ternakan berasaskan sisa.

2. Dasar Integrasi Sektor Pertanian dan Penternakan

Pengenalan dasar yang menggalakkan kerjasama rentas sektor antara pengeluar hasil tanaman (seperti padi, sawit, nanas dan jagung) dengan penternak boleh mewujudkan rantaian bekalan yang mampan bagi bahan makanan ternakan. Contohnya, sistem integrasi ladang tanaman-ternakan dapat memudahkan pengumpulan dan penggunaan sisa secara sistematik.

3. Standard dan Garis Panduan Keselamatan Pemakanan Ternakan

Bagi memastikan keselamatan dan kualiti makanan ternakan, perlu digubal satu set garis panduan dan piawaian rasmi bagi penggunaan sisa pertanian, termasuk kaedah rawatan, penyimpanan, dan komposisi nutrien. Ini juga dapat meningkatkan keyakinan penternak dan pasaran terhadap keberkesanan bahan alternatif ini.

4. Pelaburan dalam Penyelidikan dan Pembangunan (R&D)

Sokongan kerajaan terhadap penyelidikan berkaitan formulasi makanan ternakan berasaskan sisa, teknologi pemprosesan murah, dan penilaian impak terhadap prestasi haiwan perlu dipertingkat. Kerjasama antara institusi penyelidikan, universiti dan industri juga wajar diperluas.

5. Pendidikan, Latihan dan Pemindahan Teknologi

Program latihan dan bengkel untuk petani serta penternak mengenai teknik pemprosesan sisa, nilai nutrien bahan buangan, serta cara penggunaan yang selamat dan berkesan boleh mempercepatkan penerimaan dan aplikasi di peringkat ladang. Pemindahan teknologi secara praktikal sangat penting untuk kejayaan pelaksanaan.

6. Kempen Kesedaran Awam dan Promosi Pasaran

Dasar komunikasi strategik melalui kempen kesedaran mengenai manfaat ekonomi dan alam sekitar pemanfaatan sisa pertanian perlu digiatkan. Selain itu, pemasaran produk haiwan ternakan yang dihasilkan melalui amalan lestari juga boleh diperkasa sebagai satu nilai tambah kepada pengguna akhir.

Cabaran dan Penyelesaian

Walaupun pendekatan ini mempunyai banyak manfaat, terdapat beberapa cabaran yang perlu ditangani:

1. Variasi Kualiti Nutrisi – Kandungan nutrisi sisa pertanian berbeza-beza bergantung kepada sumber dan kaedah pemprosesannya. Kajian lanjut dan standardisasi diperlukan bagi memastikan kualiti bahan yang digunakan.
2. Kadar Pencernaan Rendah – Sesetengah bahan seperti jerami padi mempunyai kadar pencernaan rendah. Penggunaan enzim, fermentasi, atau rawatan kimia boleh membantu meningkatkan nilai pemakanan.
3. Penerimaan Industri – Penggunaan sisa pertanian masih memerlukan penerimaan yang lebih meluas dalam kalangan penternak. Pendidikan dan latihan harus diberikan bagi memastikan penggunaannya dilakukan dengan cara yang betul dan selamat.

Kesimpulan

Pemanfaatan sisa pertanian sebagai bahan alternatif dalam pemakanan ternakan adalah langkah strategik ke arah pembangunan mampan dalam sektor pertanian dan penternakan. Pendekatan ini bukan sahaja mengurangkan pembaziran dan kos tetapi juga menyumbang kepada kelestarian alam sekitar dan keselamatan makanan negara. Dengan penyelidikan dan inovasi yang berterusan, penggunaan sisa pertanian berpotensi menjadi sebahagian penting dalam strategi pemakanan ternakan yang lebih mampan.



Biografi Penulis

Dr. Amirul Faiz bin Mohd Azmi ialah pensyarah kanan di Fakulti Perubatan Veterinar, Universiti Malaysia Kelantan. Beliau aktif menjalankan penyelidikan dalam bidang pemakanan ternakan serta membina jaringan penerbitan bersama penyelidik antarabangsa bagi memperkukuh perkongsian ilmu dan inovasi.

Unlocking Peach Palm's Nutritonal Goldmine for Malaysia's Agricultural Future

The introduction of Bactris gasipaes (peach palm) into Malaysian agricultural systems represents a promising opportunity for crop diversification and food security enhancement. Current research indicates that peach palm has significant economic potential, with global market values reaching USD 500 million annually primarily from palm heart production and fruit yields. Recent studies in similar tropical regions have demonstrated successful adaptation patterns, with established plantations showing returns on investment within 3-4 years for fruits and 9 months for palm hearts (multi-stem). Introducing this novel crop into the Malaysian agriculture ecosystem will contribute to Malaysia's agricultural diversification goals, food security, and planning for strategic future crop introductions of tropical farm systems.

Bactris gasipaes Kunth, commonly called the peach palm, is a remarkable species belonging to the Arecaceae family. This palm tree is indigenous to the lush and biodiverse Amazon rainforest, thriving amidst the vibrant ecosystem. The fruits of the peach palm are cherished for their deliciousness and native North America and other South American nations.

Brazil stands out as the world's leading producer of peach palm, with approximately 30,000 hectares dedicated to cultivation. Meanwhile, Colombia is projected to harvest around 7,793 tons of this nutrient-rich fruit in 2023. Research has revealed that the peach palm is a treasure trove of nutritional benefits, offering not only delicious fruits but also the heart of the palm, and it serves as an excellent source of animal feed. The fruit of the peach palm is particularly known for its high nutritional density, being rich in healthy fats, fibers, starches, and a variety of carotenoids. Among these, β-carotene stands out, imparting a striking yellow hue to the pulp.

The industrial uses of peach palm are extensive and varied, showcasing its versatility. Its products play significant roles in several sectors, including fermentation technology, the culinary world where the palm heart is savored as a delicacy, and the animal nutrition

industry. Additionally, the potential for creating biodegradable films, extracting seed oil and carotenoids, and producing starch further exemplify its economic potential. Additionally, its pseudo-wood is utilized creatively in jewellery-making.

In light of peach palm's vast industrial opportunities, Malaysia should tap into commercializing this novel crop's economic potential. Peach palm exhibits remarkable adaptability to a wide range of tropical environments and is suitable to be planted in Malaysia. Typically, the flowering period for the peach palm occurs from August to October, while fruiting is observed from December to March, with exact timings varying based on geographic location and cultivation practices. Each peach palm tree can yield between 5 and 10 bunches of fruit annually (Figure 1-B,C), with each bunch containing approximately 100 individual fruits. Mature peach palms can reach impressive heights of up to 20 meters and have a trunk diameter that ranges from 15 to 25 centimeters (Figure 1-A).



Figure 1: A: Mature peach palm tree; B: Flowering bunch; C: Unripe peach palm fruits; D: Ripe peach palm fruits; E: Boiled peach palm fruit; F: Unprocessed heart palm shoot; G: Processed heart palm shoot.

An interesting characteristic of the peach palm is its multi-stem growth habit, which allows the tree to live for up to 75 years. This multi-stem nature facilitates the sustainable harvesting of the palm heart, or umbut (Fig. 1-F,G), for human consumption without compromising the main trunk, allowing it to continue fruit production. The first harvest of peach palm bunches typically occurs 3 to 4 years following planting, while the palm heart can be harvested much sooner, within approximately 9 months.

The primary yields of the peach palm are the palm heart and the fruits. These can be transformed into diverse products, including edible films, fermented beverages, pickled fruits, seed oil, peach palm flour and starch, snacks, and pasta. For example, peach palm flour exhibits low moisture content (6.15%), protein (4.82%), and fiber (5.07%). However, it is notable for its high carbohydrate content (77.62%) and energy value (386.84 kcal), as well as its carotenoid content.

Moreover, the fruit, leaves, roots, and seeds of the peach palm are commonly utilized in traditional medicine to address ailments such as headaches, coughs, stomach pain, and epilepsy. The peach palm fruit is a rich source of antioxidant compounds and has a superior carotenoid content compared to numerous other tropical fruits. Its flour can serve as a functional ingredient in the development of innovative and nutritious food products. Recent studies suggest that the lignocellulosic waste from peach palm has considerable potential for upcycling into valuable biotechnological products. In this regard, clean technologies play a vital role in recovery processes, ensuring a sustainable lifecycle for these products.

In conclusion, to tap into the economic potential of peach palms, Malaysia needs to explore the commercial viability of this novel crop with the hope it will contribute to uplifting the farmers' economy in Malaysia. Currently, a trial plot on planting peach palm is ongoing in Jeli, Kelantan. With future research and effective engaging agriculture stakeholders, we hope peach palm will be a future potential commodity crop in Malaysia.

Author Biography

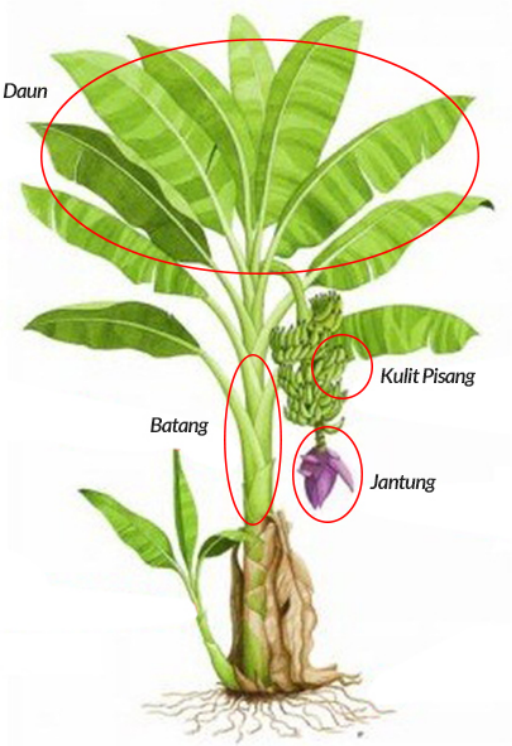


Associate Professor Dr. Kumara Thevan Krishnan is an esteemed member of the Faculty of Agro-Based Industry at Universiti Malaysia Kelantan, where he specializes in Applied Entomology.



Madam Noor Azlinee A. Kadir is the founder of Jeli Eco Farm Sdn Bhd, where she pioneered cultivation of peach palm for commercial purposes.

Dari Sisa Ladang Ke Makmal: Superfood Yang Kita Cari Selama Ini



Rajah 2: Biojisim pisang yang sering dilupuskan

Pisang merupakan tanaman penting dalam sektor pertanian tropika yang terkenal dengan nilai pemakanan tinggi serta pengeluaran yang meluas. Namun demikian, hampir 80% daripada keseluruhan jisim tanaman pisang biasanya dikategorikan sebagai sisa, melibatkan kulit, daun, batang serta jantung pisang. Sisa-sisa ini lazimnya tidak diurus dengan cekap dan menjadi isu alam sekitar yang serius seperti pelepasan gas rumah hijau akibat pembakaran terbuka atau pereputan secara tidak terkawal di ladang.

Potensi besar biojisim pisang untuk dijadikan pelbagai produk bernilai tambah perlu mendapat perhatian serius. Kulit pisang, sebagai contoh, diketahui kaya dengan serat diet, pektin, vitamin dan pelbagai sebatian bioaktif seperti polifenol. Penyelidik dan industri makanan kini giat meneroka penggunaan kulit pisang yang telah dikeringkan dan dikisar menjadi tepung, lalu diaplikasikan dalam produk bakeri seperti roti, kek dan biskut. Penggunaan tepung kulit pisang bukan sahaja meningkatkan kandungan nutrisi seperti serat dalam produk akhir tetapi juga memberikan rasa unik yang mampu meningkatkan penerimaan produk di kalangan pengguna. Teknologi pemprosesan moden seperti pengeringan beku dan kaedah ekstrusi turut memainkan peranan penting dalam memastikan kestabilan dan kualiti produk makanan yang dihasilkan.

Selain kulit, batang pisang juga memiliki potensi besar dalam bidang makanan dan pemakanan. Batang pisang muda sudah lama menjadi bahan makanan dalam masakan tradisional Asia Tenggara, terutama dalam kari dan rebusan. Kini, inovasi moden telah

memperkenalkan penggunaan batang pisang sebagai sumber bahan mentah bagi penghasilan tepung rendah kalori dan tinggi serat serta jus yang kaya dengan nutrien. Produk-produk ini dikaji secara saintifik dan terbukti mampu menyokong kesihatan usus, mengawal berat badan serta menyediakan alternatif makanan yang sihat dan berkhasiat.

Selain itu, jantung pisang turut memiliki potensi besar dalam bidang sains dan teknologi makanan. Bahagian ini kaya dengan serat makanan, protein, flavonoid, tanin dan antioksidan semula jadi yang boleh menyumbang kepada kesihatan metabolik dan pengurangan risiko penyakit kronik. Di sesetengah komuniti, jantung pisang telah lama digunakan dalam masakan tradisional seperti kerabu dan sayur lemak. Kini, pengkomersialan ekstraknya atau biojisimnya dalam bentuk kapsul atau makanan berfungsi sedang giat diteroka sebagai makanan masa hadapan. Ini bukan sahaja menyokong keselamatan makanan dan pengurangan pembaziran, malah membuka laluan kepada inovasi produk tempatan berasaskan sumber semula jadi tropika.



Rajah 3: Potensi batang pisang dalam kulinari tradisional

Daun pisang pula menawarkan solusi menarik dalam usaha menangani pencemaran plastik. Daun pisang yang fleksibel, kalis air dan bersifat biodegradasi secara semula jadi menjadikannya calon ideal untuk pembungkusan makanan yang mesra alam. Penggunaan daun pisang sebagai pembungkus makanan bukanlah sesuatu yang baharu dalam budaya tempatan, malah telah diamalkan sejak berabad lamanya. Kini, teknologi inovatif membolehkan penghasilan pembungkusan yang lebih tahan lama, mudah digunakan serta mampu bersaing dengan produk pembungkusan plastik konvensional.

Filem nano-selulosa ini bukan sahaja mempunyai sifat mekanikal yang baik, malahan mampu memberikan perlindungan terhadap makanan daripada kelembapan dan oksigen.

Dalam konteks bio-pembungkusan, penyelidik telah berjaya mengekstrak nano-selulosa daripada batang pisang untuk dijadikan bahan pembungkus biodegradasi.

Inovasi ini dilihat mampu memberi impak besar dalam industri pembungkusan makanan, sekaligus mengurangkan pergantungan kepada bahan plastik berasaskan petroleum.

Dalam bidang pemakanan haiwan, sisa pisang boleh menggantikan bahan konvensional seperti tepung jagung dan tepung gandum. Kajian saintifik menunjukkan bahawa pemakanan berasaskan sisa pisang tidak memberi kesan negatif terhadap kesihatan dan prestasi pertumbuhan haiwan ternakan. Tambahan pula, kandungan karbon tinggi dalam biojisim pisang menjadikannya bahan ideal untuk penghasilan karbon teraktif dan biochar yang penting untuk pemulihan tanah dan penyerapan bahan pencemar.

Kesimpulannya, potensi sisa biojisim pisang untuk kegunaan lestari adalah sangat meluas. Dengan memanfaatkan sisa ini dalam pelbagai sektor seperti makanan alternatif, pembungkusan mesra alam, pemakanan haiwan serta pemulihan alam sekitar, kita bukan sahaja menyelesaikan masalah alam sekitar tetapi juga mencipta peluang ekonomi yang bernilai tinggi. Penyelidikan dan pembangunan secara berterusan adalah amat penting untuk merealisasikan potensi sepenuhnya biojisim pisang sebagai sumber yang lestari dan berdaya saing.



Biografi Penulis

Dr. Muhamad Hafiz Abd Rahim adalah pensyarah kanan dan penyelidik di Laboratori Bioproses Makanan, Universiti Putra Malaysia. Beliau telah menerbitkan lebih 60 artikel berwasit dan mengajar pelbagai subjek berteraskan makanan.

Kedidi dan Enggang dalam Bahaya: Pemanasan Global Mengancam Migrasi Burung



Perubahan iklim merupakan fenomena global yang memberi kesan besar terhadap ekosistem dan biodiversiti, termasuk spesies burung di habitat tropika. Dengan perubahan suhu, corak hujan yang tidak menentu, dan kehilangan habitat semula jadi, burung tropika menghadapi cabaran besar dalam corak migrasi dan kelangsungan hidup mereka. Di rantau Asia Tenggara khususnya, pelbagai spesies burung seperti Burung Kedidi (*Calidris* spp.) dan Enggang Badak (*Buceros rhinoceros*) terkesan secara langsung akibat perubahan ini.

Migrasi burung merupakan proses penting dalam kitaran hidup mereka, terutamanya bagi spesies yang berpindah mengikut musim untuk mencari makanan dan tempat bersarang yang sesuai. Perubahan iklim telah menyebabkan perubahan dalam pola migrasi burung tropika dalam beberapa aspek.

Perubahan suhu dan pola cuaca mengakibatkan perubahan dalam waktu migrasi burung. Contohnya, Burung Kedidi yang berhijrah ke Semenanjung Malaysia dari Kawasan Siberia kini dikesan tiba lebih awal berbanding sebelumnya, akibat pemanasan di habitat asal mereka.

Selain itu, habitat yang semakin berkurang akibat penebangan hutan dan perubahan iklim memaksa burung mencari laluan baru. Ini boleh meningkatkan kadar kematian kerana laluan baru mungkin tidak menyediakan sumber makanan yang mencukupi atau perlindungan daripada pemangsa. Banyak spesies burung bergantung kepada sumber makanan tertentu yang turut terjejas oleh perubahan iklim. Jika waktu migrasi tidak seiring dengan ketersediaan makanan seperti serangga dan buah-buahan tropika, burung akan mengalami kesukaran untuk mendapatkan tenaga yang mencukupi.

Habitat tropika terkenal dengan kepelbagaian spesies burung yang tinggi. Namun, perubahan iklim telah memberi kesan negatif terhadap kelangsungan hidup burung dalam beberapa aspek. Peningkatan suhu global memberi tekanan haba yang boleh menyebabkan dehidrasi, mengurangkan kadar pembiakan, dan meningkatkan kadar kematian dalam kalangan burung yang tidak dapat menyesuaikan diri.

Sebagai contoh, Enggang Badak, yang merupakan symbol konservasi di Malaysia, memerlukan hutan hujan yang luas untuk bersarang dan mencari makanan. Kehilangan habitat akibat kebakaran hutan dan penebangan menyebabkan populasi mereka semakin terancam. Begitu juga dengan Murai Batu (*Copsychus malabaricus*), yang terancam akibat perubahan habitat serta peningkatan aktiviti manusia.

Suhu yang lebih tinggi boleh menjejaskan kesuburan burung, mengurangkan bilangan telur yang dihasilkan, dan meningkatkan kadar kematian anak burung. Selain itu, tekanan haba juga boleh menyebabkan ibu burung kurang aktif dalam menjaga sarang mereka, meningkatkan risiko serangan pemangsa. Perubahan dalam corak cuaca boleh mengubah populasi serangga, mamalia kecil, dan haiwan lain yang menjadi sumber makanan utama burung tropika. Jika sumber makanan ini berkurang, burung terpaksa bersaing dengan spesies lain, meningkatkan tekanan terhadap kelangsungan hidup mereka.

Bagi mengurangkan impak perubahan iklim terhadap burung di habitat tropika, beberapa langkah mitigasi perlu diambil. Usaha pemuliharaan hutan dan kawasan perlindungan burung perlu dipertingkatkan untuk memastikan habitat semula jadi burung tidak terus terancam. Kawasan seperti Taman Negara dan Hutan Simpan Royal Belum perlu terus dipelihara dan diperluas.

Selain itu, mengurangkan pelepasan gas rumah hijau melalui penggunaan tenaga lestari dan mengawal aktiviti pembalakan boleh membantu memperlahankan perubahan iklim dan mengekalkan kestabilan ekosistem burung. Penyelidikan berterusan mengenai corak migrasi dan adaptasi burung terhadap perubahan iklim amat penting untuk memahami impak jangka panjang dan merangka strategi pemuliharaan yang lebih berkesan. Pendidikan dan kempen kesedaran perlu diperluaskan bagi meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai kepentingan melindungi biodiversiti dan mengambil tindakan bagi mengurangkan perubahan iklim.

Perubahan iklim memberikan impak yang ketara terhadap corak migrasi dan kelangsungan hidup burung di habitat tropika. Perubahan dalam waktu dan laluan migrasi, kehilangan habitat, serta kesan terhadap kadar pembiakan menjadi cabaran utama bagi spesies burung. Oleh itu, tindakan pemuliharaan yang bersepadu perlu diambil bagi memastikan kelangsungan hidup burung di habitat tropika untuk generasi akan datang.



Biografi Penulis

Dr. Aainaa Syazwani ialah seorang pensyarah UMK dalam bidang ekologi dan biodiversiti, dengan kepakaran dalam kajian burung. Beliau aktif menerbitkan kajian saintifik serta terlibat dalam program pemuliharaan alam sekitar.



Urban Parks in Peril: Is There Still Room to Breathe?

Global environmental issues such as climate change, pollution, urbanization, deforestation, and overpopulation have profound and far-reaching effects on the natural environment. These challenges are interlinked and contribute to ecosystem disruption, biodiversity loss, and increased strain on natural resources. Among them, climate change is one of the most urgent, evidenced by rising temperatures, sea-level rise, and the increased frequency of extreme weather events. These environmental shifts affect not only natural ecosystems but also the built environment and human well-being, including how people engage with public green spaces.

This article specifically focuses on the impact of climate change on the use of recreational parks. Parks are essential public spaces that provide opportunities for physical activity, mental well-being, social interaction, and ecological balance. However, they are increasingly vulnerable to the effects of climate change. Rising temperatures, altered rainfall patterns, and more frequent extreme weather events influence both the ecological integrity of park environments and the behavioral patterns of park visitors. The decision to focus on park usage stems from the recognition that parks meet a fundamental human need for outdoor relaxation and connection with nature.

As urban life becomes more congested and stressful, parks offer a rare space to breathe clean air, interact with green landscapes, and foster a sense of community benefits that are now being threatened by a changing climate. Historically, parks have served as vital communal areas for recreation, relaxation, and environmental engagement. However, as climate change intensifies, these green spaces are facing unprecedented challenges. Temperature increases make parks less comfortable during the day, discouraging outdoor activities and raising health concerns such as dehydration and heatstroke.

Parks offer a rare space to breathe clean air, interact with green landscapes, and foster a sense of community benefits that are now being threatened by a changing climate.

Changes in rainfall patterns and prolonged dry spells stress vegetation, reducing greenery and affecting animal habitats. Additionally, extreme weather conditions damage infrastructure such as benches, walkways, and playgrounds, further accelerates maintenance needs and costs. These changes not only alter how parks are used but reducing the usability and safety of these spaces, also demand new approaches in their design, maintenance, and management.

The effects of climate change on park usage are multifaceted. Visitors are adjusting their usage patterns by avoiding parks during peak heat hours, leading to a shift in the social dynamics traditionally associated with these spaces. The ecological degradation of park environments including dying plants, loss of biodiversity, and the introduction of invasive species undermines the parks' role as green sanctuaries.

In response to these environmental pressures, many cities are adopting adaptive strategies to enhance the resilience of urban parks. These include installing shaded structures, planting drought-resistant trees, integrating sustainable water management systems, and using weather-resistant materials in infrastructure. Some cities are also experimenting with green roofs, permeable pavements, and wetland restoration within park environments to absorb excess rainfall and improve biodiversity. Community involvement in tree-planting, park maintenance, and sustainability initiatives further strengthens the role of parks in climate adaptation.

In conclusion, while climate change presents serious challenges to park usage, it also offers opportunities to redesign and manage these spaces more sustainably. By implementing adaptive and inclusive strategies, parks can continue to serve as essential public resources for recreation, health, and environmental resilience in an era of global change.

Biografi Penulis

Nor Akmar Abdul Aziz is a Senior Lecturer at Universiti Putra Malaysia. She holds a PhD in Green Space Management from the University of Copenhagen. Her research focuses on urban green space utilization and the promotion of health through recreation.



Green Technology through Day-Night Photocatalysis: A Sustainable Approach to Environmental Remediation

Environmental pollution has become a pressing global issue with the rapid expansion of industrialization and urbanization. Among various pollution control strategies, green technology aims to minimize environmental impact by harnessing sustainable energy sources. One emerging field in green technology is day-night photocatalysis, a novel approach that extends the effectiveness of traditional photocatalysis beyond daylight hours. This technology has the potential to revolutionize pollutant degradation, wastewater treatment, and energy conversion. Photocatalysis is a process that utilizes semiconductor materials to accelerate chemical reactions under light irradiation.

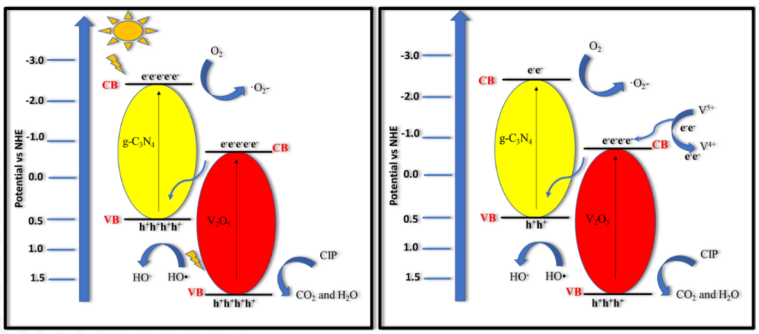


Figure 4: Day Night Photocatalysis Basic Mechanism

Conventional photocatalysts, such as titanium dioxide (TiO_2), require ultraviolet (UV) light to generate electron-hole pairs, which then participate in redox reactions to break down pollutants. However, the major limitation of this technology is its dependency on sunlight, restricting its application to daytime hours only. To address this limitation, researchers have developed day-night photocatalysis, also known as dual-mode or self-sustained photocatalysis, enabling continuous operation even in the absence of light.

Several key strategies have been explored to enhance this technology, such as using layered materials like vanadium pentoxide (V2O5) and cerium dioxide (CeO_2), which act as electron reservoirs. These materials improve the lifetime of photogenerated electrons, facilitating continuous pollutant degradation.

Day-night photocatalysis is achieved through the incorporation of electron storage materials, which can capture and release electrons under different lighting conditions.

Studies have demonstrated that CeO_2-based photocatalysts can degrade pharmaceuticals like ciprofloxacin under both light and dark conditions, making them highly effective in wastewater treatment. Transition metal oxides, such as cerium dioxide (CeO_2), are known for their high redox potential and electron storage capability. When integrated with other semiconductors, CeO_2-based systems can maintain catalytic activity under dark conditions by gradually releasing stored charge carriers. Vanadium pentoxide (V_2O_5) has become a widely used photocatalyst due to its exceptional supercapacitor properties, enabling efficient photocatalysis under visible light without modification. However, challenges such as poor stability, limited lifespan, and rapid recombination of photogenerated charge carriers still exist. To overcome these, V_2O_5 is often combined with other materials like carbon-based structures, metal oxides, or conductive polymers to enhance its performance.

Additionally, graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) is an emerging photocatalyst that extends light absorption to the visible range, enhancing photocatalytic efficiency. When combined with electron-storing materials, it enables pollutant degradation beyond daylight hours. Day-night photocatalysis has shown promise in various environmental and energy applications, including water purification, air purification, and hydrogen production. One of the most significant applications of this technology is the removal of organic pollutants, such as antibiotics, dyes, and endocrine disruptors, from wastewater.

In addition to water purification, photocatalysis is widely used for decomposing volatile organic compounds (VOCs) and other air pollutants. By utilizing electron storage materials, the removal of air contaminants can continue throughout the night, ensuring around-the-clock air purification. Photocatalytic water splitting for hydrogen production is another sustainable application of day-night photocatalysis. Electron-storing materials enable continuous hydrogen evolution even after illumination ceases, improving the overall efficiency of hydrogen generation systems.

While day-night photocatalysis holds great promise for environmental sustainability, several challenges remain. Material stability and degradation can occur due to prolonged

electron storage, leading to reduced efficiency over time. Additionally, scalability remains an issue as most studies are conducted at the laboratory level, necessitating cost-effective synthesis methods for large-scale deployment. Furthermore, energy efficiency improvements in charge storage mechanisms are critical for maximizing electron utilization in practical applications.

Day-night photocatalysis represents a major advancement in green technology, offering a sustainable and efficient approach to environmental remediation. By leveraging materials such as polypyrrole, graphitic carbon nitride, and cerium dioxide, researchers have developed systems that extend photocatalytic activity beyond daylight hours. Continued advancements in material science and engineering will be crucial in realizing the full potential of this technology for large-scale applications in water purification, air pollution control, and renewable energy production.



Author Biography

Dr. Khairunissa Syairah has been a senior lecturer at the Faculty of Chemical Engineering and Technology, Universiti Malaysia Perlis since 2015. Her area of expertise includes water treatment using adsorption and photocatalysis techniques.

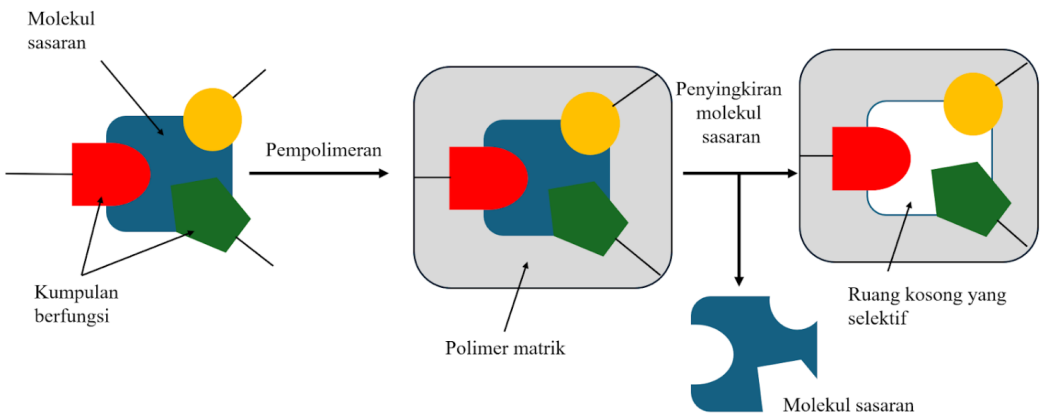
Apabila Cahaya dan Polimer Bekerjasama Selamatkan Alam

Kelestarian alam semakin menjadi agenda utama dalam usaha global untuk mengurangkan kesan negatif aktiviti manusia terhadap persekitaran. Teknologi hijau memainkan peranan penting dalam menangani pencemaran dan memastikan sumber semula jadi dapat digunakan secara lestari. Antara teknologi yang sedang giat dikaji ialah Polimer Teraan Molekul (Molecularly Imprinted Polymer, MIP) dan fotokatalisis, yang masing-masing menawarkan penyelesaian inovatif dalam pemuliharaan alam sekitar.

MIP: Teknologi Pintar dalam Pemuliharaan Alam

Bagaimana MIP Berfungsi?

MIP merupakan bahan polimer sintetik yang direka khas untuk menangkap dan mengikat molekul sasaran secara selektif. MIP terhasil melalui proses penteraan molekul semasa pempolimeran berlaku, menghasilkan rongga yang sesuai dengan bentuk molekul sasaran seperti Rajah 1. Keistimewaannya merangkumi kestabilan tinggi, sintesis yang mudah, kebolehgunaan semula, kos rendah dan selektiviti tinggi.



Rajah 5: Rajah prosedur skematik untuk sintesis polimer teraan molekul

Aplikasi MIP dalam Alam Sekitar

MIP mempunyai tapak pengikatan yang terbentuk secara khusus semasa proses pencetakan molekul. Tapak ini adalah stabil dari segi kimia dan fizikal kerana ia terbina dalam rangka polimer bersilang silang (cross-linked), menjadikannya tahan terhadap pelarut dan perubahan suhu. Oleh yang demikian, MIP mampu bertahan dan digunakan semula walaupun selepas banyak kitaran tanpa perubahan ketara dalam keupayaan penjerapannya, menjadikannya bahan yang mempunyai potensi untuk aplikasi industri. Beberapa syarikat telah ditubuhkan oleh pelopor utama dalam penggunaan MIP dalam sains pemisahan dan telah mencapai kejayaan tertentu. Aplikasi komersial MIP yang paling ketara ialah syarikat Sigma-Aldrich, yang menawarkan pelbagai bahan pengekstrakan berasaskan MIP. Kemajuan dalam teknologi MIP memainkan peranan penting dalam penyingkiran bahan toksik dari persekitaran yang berbahaya kepada ekosistem dan boleh mengganggu keseimbangan ekologi .

Fotokatalisis: Cahaya Sebagai Penyelesaian Hijau

Bagaimana Fotokatalisis Berfungsi?

Fotokatalisis merupakan teknologi hijau yang menggunakan bahan semikonduktor seperti titanium dioksida (TiO_2) dan cerium dioksida (CeO_2) untuk mempercepatkan degradasi bahan pencemar apabila terdedah kepada cahaya. Proses ini menghasilkan radikal reaktif yang mampu menguraikan bahan pencemar organik kepada karbon dioksida dan air yang tidak berbahaya.

Aplikasi Fotokatalisis dalam Alam Sekitar

Teknologi ini digunakan dalam rawatan air sisa industri, sistem penapisan udara, dan penyahjangkitan untuk membunuh bakteria serta virus dalam air dan udara. Dalam sistem penapisan udara, fotokatalisis berfungsi untuk menguraikan gas pencemar seperti nitrogen oksida (NOx) dan sebatian organik meruap (VOC), membantu meningkatkan kualiti udara di kawasan bandar. Selain itu, teknologi ini juga diaplikasikan dalam penyahjangkitan air dan udara dengan membunuh bakteria serta virus melalui penghasilan spesies oksigen reaktif yang merosakkan dinding sel mikroorganisma.

Kajian terbaru turut menunjukkan bahawa penambahan bahan fotokatalis yang diubah suai dengan logam nobel seperti perak (Ag) atau emas (Au) mampu meningkatkan kecekapan tindak balas fotokatalitik, menjadikan aplikasi ini lebih praktikal dalam pelbagai persekitaran. Keunggulan utama fotokatalisis adalah ia tidak memerlukan bahan kimia tambahan dan hanya menggunakan tenaga cahaya, menjadikannya penyelesaian yang selamat, mesra alam, dan mampan.

Teknologi hibrid MIP dan fotokatalis

Walaupun kedua-dua teknologi ini mempunyai fungsi yang berbeza, integrasi kedua-dua bahan MIP dan fotokatalis boleh meningkatkan keberkesanan dalam pemulihan alam sekitar. Ini akan menghasilkan bahan polimer komposit fotokatalitik, di mana polimer berfungsi sebagai penyerap selektif, sementara fotokatalis menguraikan bahan pencemar melalui tindak balas fotokimia.

Bahan polimer komposit fotokatalitik semakin mendapat perhatian dalam penyelidikan kerana ia menggabungkan keupayaan penjerapan dan degradasi dalam satu bahan, sekaligus mengoptimumkan aplikasi teknologi hijau dalam rawatan pencemaran.

Aplikasi dalam alam sekitar:

Rawatan Air yang Lebih Efektif: MIP dapat menangkap bahan pencemar spesifik seperti logam berat, manakala fotokatalisis menguraikan bahan organik yang sukar diurai kepada bahan yang lebih mesra alam.

Penapisan Udara yang Lebih Bersih: MIP digunakan sebagai sensor dalam pengesanan bahan pencemar di udara sebelum proses fotokatalisis memecahkan gas berbahaya seperti NOx dan VOC. Integrasi teknologi ini membuka ruang kepada penyelesaian hijau yang lebih cekap dan mampan, sekali gus mengurangkan kesan pencemaran terhadap ekosistem global.

Cabaran dan Masa Depan Teknologi Hijau

Walaupun MIP dan fotokatalisis menjanjikan penyelesaian lestari, terdapat beberapa cabaran yang perlu diatasi:

i. *Kos pengeluaran tinggi: MIP dan fotokatalis tertentu masih mahal untuk dihasilkan dalam skala besar.*

ii. *Keberkesanan dalam aplikasi sebenar: Faktor seperti kepekatan bahan pencemar dan intensiti cahaya boleh mempengaruhi prestasi teknologi ini.*

iii. *Ketahanan jangka panjang: Penurunan keberkesanan selepas penggunaan berulang memerlukan penyelidikan lanjut.*

Namun, dengan pelaburan dalam penyelidikan dan pembangunan, kedua-dua teknologi ini berpotensi menjadi pemacu utama dalam kelestarian alam sekitar.

Teknologi Hijau untuk Masa Depan Lestari

Usaha bersama antara penyelidik, industri, dan kerajaan amat diperlukan untuk merealisasikan masa depan yang lebih hijau dan lestari. Dengan penyelidikan berterusan dan sokongan dasar yang kukuh, teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk memastikan persekitaran yang lebih sihat bagi generasi akan datang.



Biografi Penulis

Cik Noorhidayah Ishak merupakan pensyarah dari Fakulti Kejuruteraan dan Teknologi Kimia Universiti Malaysia Perlis. Beliau aktif dalam menjalankan kajian berkaitan sintesis polimer, untuk aplikasi penjerapan dalam air dan gas.

The Future of Plastic Degradation: Can Microbes Solve Our Waste Crisis?

Plastic pollution is one of the greatest environmental challenges of our time. Every year, an estimated 150 million tons of plastic waste is generated worldwide, much of which ends up in landfills, oceans, and ecosystems. Among these plastics, polypropylene (PP) is particularly problematic due to its durability and resistance to natural degradation. While recycling and waste management strategies exist, they often fall short in addressing long-term sustainability. Scientists are now turning to nature for solutions, investigating how microorganisms can help break down plastic waste in an eco-friendly way.

Why Is Plastic So Hard to Break Down?

Plastics are designed to be durable. Their chemical structures consist of long polymer chains that do not easily degrade under natural environmental conditions. Unlike organic materials such as wood or food waste, plastics lack the functional groups that microbes typically recognize and break down. This means that conventional plastics like PP can persist in the environment for hundreds to thousands of years.

Traditional plastic disposal methods, including incineration and mechanical recycling, have their limitations. Incineration releases harmful greenhouse gases, while recycling is often inefficient due to contamination and degradation of plastic quality. This has led researchers to explore biological degradation as a potential long-term solution.

Microbial Degradation: Nature's Answer to Plastic Waste

Microbial degradation relies on bacteria and fungi that produce specific enzymes capable of breaking down plastics into simpler, biodegradable compounds. In particular, microbial consortia – communities of microorganisms working together, have shown great potential in enhancing degradation efficiency. Scientists have discovered that certain microbial strains can use plastic as a carbon source, slowly breaking down its structure.

Unlike organic materials such as wood or food waste, plastics lack the functional groups that microbes typically recognize and break down.

The process of plastic degradation by microorganisms can take weeks, months, or even years, as it happens gradually through natural steps.First, they attach to the plastic surface and form a biofilm, which helps them stay in place. Then, they release special proteins called enzymes (proteins) that break the long plastic chains into smaller pieces. Enzymes like esterase, laccase, and urease help in cutting down different parts of the plastic. Once the plastic is broken into tiny fragments aka monomers, the microbes absorb and use them as food, turning them into harmless substances like carbon dioxide, water, and biomass. This final breakdown, called assimilation, leaves no toxic residue behind but can take time depending on the plastic type, microbes involved, and environmental conditions. The process was explained, as shown in the figure below.

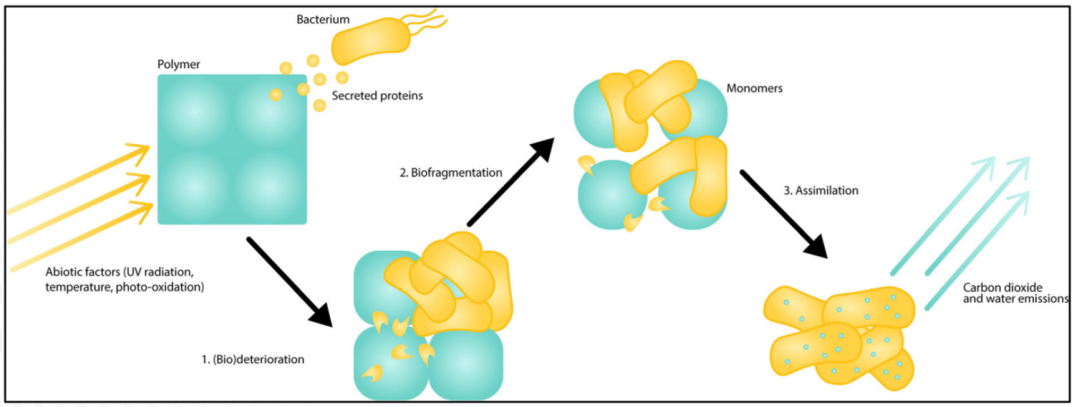


Figure 6: A step-by-step illustration of how microbes naturally break down plastic polymer over time

One promising source of these microbes is landfill leachate, a liquid that drains through waste in landfills. This leachate contains diverse microbial communities already adapted to degrading various organic and synthetic materials. By isolating and enriching these microbial consortia, researchers can enhance their ability to break down PP and other plastics.

Optimizing Plastic Degradation: The Role of Pre-Treatment

While microbial degradation is promising, plastics often require pre-treatment to improve their breakdown efficiency. Pre-treatment methods such as ultraviolet (UV) radiation and heat exposure can weaken polymer bonds, making plastics more accessible to microbial attack.

Studies have shown that UV radiation can create small fractures in plastic surfaces, while heat treatment can soften and partially break down polymer chains. When combined with microbial consortia, these pre-treatment methods accelerate the degradation process, increasing the effectiveness of biodegradation.

How Scientists Study Plastic Degradation

To better understand how microbes break down plastics, researchers use advanced analytical techniques:

i. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR): helps identify chemical changes in plastic bonds after microbial exposure.*

ii. *Scanning Electron Microscopy (SEM): provides high-resolution images to observe surface degradation of plastic materials.*

iii. *Thermogravimetric Analysis (TGA): measures weight loss in plastic samples, indicating the extent of degradation.*

By applying these methods, scientists can track how microbial activity alters plastic composition over time. Recent studies have demonstrated that after 90 days of microbial incubation, PP samples show clear signs of degradation, including weight loss and structural weakening.

The Future of Biodegradable Plastics

While microbial degradation is still in its early stages of development, it represents a crucial step toward sustainable waste management. By harnessing nature's own processes, we can potentially develop large-scale biotechnological solutions to tackle plastic pollution.

However, challenges remain. The rate of biodegradation is still slow compared to industrial plastic production. Further research is needed to enhance microbial efficiency and identify the best microbial strains for large-scale applications. Moreover, integrating microbial degradation with other waste management strategies, such as chemical recycling, could provide a comprehensive solution.

What Can We Do Now?

Although microbial degradation is not yet a mainstream solution, individuals and industries can take action now to reduce plastic waste:

i. *Support biodegradable plastics made from plant-based materials that break down more easily.*

ii. *Encourage research and innovation in microbial degradation and other sustainable technologies.*

iii. *Practice responsible consumption by minimizing single-use plastics and promoting recycling.*

The future of plastic degradation lies in science, technology, and collective action. With continued research, microbial solutions may one day transform how we manage plastic waste, paving the way for a cleaner, more sustainable planet.



Author Biography

Dr. Amira Farzana is a senior lecturer at Universiti Malaysia Perlis. She obtained her PhD from The University of Sydney, and her Master's and Bachelor's degrees from IIUM. Her research on polypropylene degradation has received wide media coverage, including from ABC News Australia.



Rajah 7: Anak kuda yang terhasil dari permanian beradas (AI) dari Platinum Ali Gold.

AI Menyelamatkan Spesies Kuda Liar Terakhir di Dunia

Pada tahun 2013, buat pertama kalinya, seekor kuda Przewalski telah lahir melalui kaedah permanian beradas (artificial insemination, AI) yang berjaya menyelamatkan salah satu spesies kuda liar terakhir di dunia. Teknologi pembiakan bantuan seperti AI memberi pelbagai kelebihan dalam pemilihan genetik, mencegah penularan penyakit, dan membolehkan penternak menggunakan semen pejantan berkualiti tinggi dari seluruh dunia tanpa perlu membela walaupun seekor kuda jantan. Selain itu, AI juga memastikan pembiakan lebih selamat dengan mengurangkan risiko kecederaan dan mengawal penularan penyakit.

Secara amnya, AI adalah satu prosedur di mana air mani, sama ada segar atau yang telah dibekukan dan dicairkan, dimasukkan secara manual ke dalam saluran pembiakan betina menggunakan alatan tertentu. Walaupun kaedah ini sudah biasa digunakan dalam ternakan lain seperti lembu, penggunaannya dalam pembiakan kuda berbeza mengikut wilayah. Negara maju seperti Amerika Syarikat, Australia, dan negara di Eropah sudah menggunakan teknologi pemindahan embrio selepas AI, tetapi negara-negara ASEAN masih dalam fasa membangunkan industri ekuin mereka.

Walaupun AI telah digunakan dalam pembiakan ternakan lebih daripada satu abad, kekangan industri dan kebimbangan terhadap integriti genetik telah merencatkan penerimaan AI dalam pembiakan kuda. AI pertama yang berjaya pada kuda direkodkan pada awal abad ke-20 di Amerika Syarikat. Sejak itu, kemajuan teknologi telah meningkatkan pemeliharaan semen, kualiti pemindahan semen sejuk beku serta kadar kejayaan kelahiran. Secara global, pengadaptasian AI berbeza mengikut sektor—industri

kuda lumba dan kuda pertandingan sering menghadkan penggunaannya, manakala sektor lain lebih terbuka untuk tujuan peningkatan genetik.

Usaha ini berjaya dalam membolehkan kuda ini berkembang semula di habitat semula jadi, menunjukkan potensi AI dalam pemuliharaan biodiversiti dan pemulihan spesies terancam.

Tahun 2013, Institut Biologi Pemuliharaan Smithsonian (SCBI) berjaya membiakkan kuda Przewalski menggunakan kaedah AI. Ini merupakan pencapaian penting dalam pemuliharaan hidupan liar. Anak kuda yang dilahirkan serta induknya dalam keadaan sihat, dan spesies ini telah diperkenalkan semula ke Taman Negara Hustai di Mongolia.



Rajah 8: Pengumpulan semen kuda dilakukan pada Platinum Ali Gold menggunakan vagina tiruan di Bumi Agritech (sektor swasta).

Senario Industri kuda di ASEAN

Di negara ASEAN, industri kuda sedang berkembang dalam sektor penambakbaikan pembiakan kuda yang menyokong sektor sukan, pelancongan dan pertanian. Malaysia, Thailand, Indonesia, dan Filipina telah membangunkan komuniti ekuestrian, tetapi industri teknologi pembiakan mereka masih belum mencapai tahap negara-negara Barat.

Walau bagaimanapun, Malaysia dan Thailand telah mencatat kemajuan dalam AI untuk teknologi pembiakan kuda melalui sokongan program veterinar kerajaan dan penternak swasta. Sebagai contoh, Jabatan Perkhidmatan Veterinar (JPV) Malaysia telah melancarkan Pelan Strategik Pembiakan Ternakan Malaysia pada September 2024, termasuk buku panduan teknologi pembiakan bantuan untuk penternak, juruteknik, dan orang awam. Namun, cabaran seperti sekatan peraturan ke atas AI, larangan penggunaan semen beku untuk kuda perlumbaan, serta akses terhad kepada infrastruktur teknologi pembiakan moden menghalang penyesuaian AI yang lebih pantas dalam pembiakan kuda di negara ASEAN. Selain itu, kekurangan program pendidikan dan latihan menyebabkan kesedaran serta kepakaran penternak masih rendah. Limitasi pengetahuan ini menjadikan pengeluaran kurang kompetitif serta memperlahankan penerapan amalan terbaik, menekankan keperluan untuk latihan khusus bagi meningkatkan hasil pembiakan.

Cabaran Pengadaptasian AI di ASEAN

Terdapat perbezaan ketara dalam penggunaan AI dalam pembiakan kuda antara ASEAN dan negara maju. Dari segi peraturan, ASEAN masih jauh ketinggalan berbanding negara seperti Amerika Syarikat dan Australia, di mana rangka kerja undang-undang yang komprehensif mengawal penggunaannya dalam pembiakan kuda baka tulen. Sebagai contoh, di Amerika Syarikat, pembiakan kuda baka tulen wajib dilakukan melalui kaedah semula jadi, manakala di Australia, banyak baka membenarkan AI di bawah garis panduan ketat.

Selain itu, negara ASEAN sering menghadapi kekangan teknologi serta kurangnya sokongan penyelidikan yang kukuh untuk amalan AI. Kos pelaksanaan AI juga boleh menjadi penghalang kerana akses terhad kepada semen berkualiti tinggi dan teknologi pembiakan moden. Dari segi budaya, AI lebih diterima di negara Barat, manakala beberapa negara ASEAN masih cenderung kepada kaedah pembiakan tradisional kerana kepercayaan terhadap pembiakan semula jadi. Selain itu, masalah logistik, halangan perundangan, serta kekurangan pakar veterinar dalam AI juga menjadi cabaran utama.

Peluang dan Prospek Masa Depan

Walaupun cabaran wujud, potensi pertumbuhan industri ini di ASEAN sangat luas, sejajar dengan peningkatan permintaan terhadap kuda berkualiti tinggi. Pasaran AI untuk

kuda di rantau Asia-Pasifik dijangka mencatat kadar pertumbuhan tahunan kompaun sekitar 6.1% dari 2024 hingga 2032, menunjukkan peluang yang besar bagi pembangunan pasaran seiring dengan perkembangan industri kuda di negara-negara ini.

Inisiatif kerajaan dan penglibatan sektor swasta adalah penting dalam mempromosikan penggunaan AI dalam pembiakan kuda. Kerajaan boleh memperkenalkan dasar sokongan, menyediakan subsidi, serta melabur dalam penyelidikan, manakala sektor swasta pula boleh mendorong inovasi melalui pembangunan teknologi dan program latihan penternak. Kerjasama dengan pemimpin global dalam AI untuk kuda serta inovasi masa depan seperti teknik penyimpanan semen yang lebih baik, kaedah permanian tanpa pembedahan, dan integrasi teknologi genomik boleh meningkatkan kecekapan pembiakan serta kepelbagaian genetik, sekali gus mengukuhkan kedudukan ASEAN dalam industri kuda global.

Kesimpulan

Kesimpulannya, pengadaptasian AI dalam pembiakan kuda berbeza antara negara ASEAN dan negara maju. Walaupun AI diterima secara meluas di peringkat global kerana manfaatnya dalam peningkatan genetik, pencegahan penyakit, dan keberkesanan pembiakan, negara ASEAN masih berhadapan dengan cabaran dari segi peraturan, teknologi, dan budaya. Walau bagaimanapun, permintaan yang semakin meningkat terhadap kuda berkualiti tinggi menunjukkan potensi besar bagi perkembangan AI di rantau ini. Selain itu, memperkasakan dasar kerajaan, meningkatkan pelaburan dalam penyelidikan, serta menjalin kerjasama dengan institusi penyelidikan terkenal dalam AI untuk kuda boleh mempercepatkan kemajuan. Inovasi masa depan seperti pemeliharaan semen yang lebih canggih dan teknologi genomik boleh meningkatkan hasil pembiakan dengan lebih ketara.



Biografi Penulis

Dr. Raja Ili Airina ialah pensyarah kanan di Fakulti Industri Asas Tani, Universiti Malaysia Kelantan. Beliau berkepakaran dalam teknologi pembiakan haiwan seperti lembu, kambing dan arnab, meliputi IVF, vitrifikasi embrio, penyejukan semen, penyediaan extender dan diagnosis kehamilan.

Penulis bersama: Teoh Cui Shan

Sekutu Tersembunyi: Rahsia Mikrob Endofit dalam Menjamin Pertanian Mampan

Peningkatan populasi dunia secara mendadak memerlukan bidang jaminan makanan berdiri ampuh dan mampu menampung keperluan nutrisi sejagat. Bidang pertanian adalah salah satu bidang yang memainkan peranan yang penting bagi mencapai matlamat ini. Walau bagaimanapun, bidang pertanian sangat mudah dipengaruhi oleh perubahan iklim yang tidak menentu seperti kemarau dan banjir. Selain itu, serangan penyakit atau serangga perosak terhadap tanaman juga memburukkan lagi masalah keterjaminan makanan sejagat. Justeru itu, pelbagai teknologi untuk memajukan bidang pertanian dengan meningkatkan hasil pengeluaran telah dilakukan sejak beberapa dekad yang lalu.

Penggunaan endofit dan metabolit bioaktifnya sebagai agen biologi dalam pengurusan kawalan penyakit tanaman merupakan pendekatan baru pertanian lestari.

Antara amalan pertanian yang sering menjadi pilihan petani adalah penggunaan baja kimia secara meluas dan mesin-mesin berteknologi yang menggunakan bahan api fosil bagi mempercepatkan kerja-kerja penuaian sekaligus meningkatkan lagi hasil pertanian. Walau bagaimanapun, penggunan baja dan mesin ini telah menyumbangkan kepada pencemaran alam sekitar dan juga peningkatan gas rumah hijau yang menjadi punca utama kepada fenomena pemanasan sejagat sekarang ini. Oleh itu, konsep pertanian lestari yang menekankan penjagaan alam sekitar dan mempertingkatkan sumber biologi telah diperkenalkan bagi menggantikan amalan pertanian konvensional yang berpaksikan kepada penggunaan baja dan racun serangga kimia yang menjejaskan alam sekitar dan mengancam keseimbangan ekosistem semulajadi.

Teknologi penggunaan mikrob berfaedah di dalam sistem pertanian mula mendapat perhatian daripada semua pihak yang terlibat dalam bidang pertanian ini. Penyelidik mula menjalankan kajian yang lebih mendalam bagi memahami interaksi antara mikrob dengan tumbuhan supaya ilmu yang diperolehi ini dapat dipindahkan menjadi satu teknologi pertanian lestari yang dapat membawakan satu paradigma baru dalam bidang pertanian.

Penggunaan mikrob berfaedah ini telah dibuktikan dapat meningkatkan pengeluaran hasil tanaman tanpa mencemarkan alam sekitar dan sekaligus menghasilkan makanan yang berkualiti dan bebas dari bahan kimia berbahaya. Antara mikrob berfaedah yang mempunyai potensi besar untuk diaplikasikan dalam pertanian lestari adalah endofit.

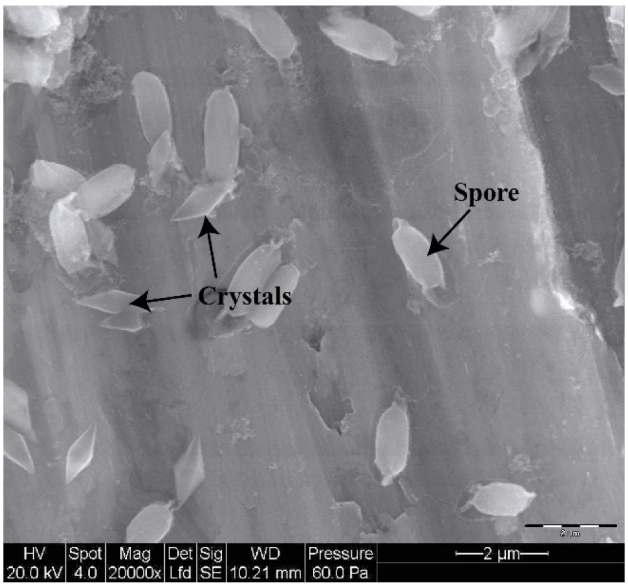
Endofit adalah kumpulan mikroorganisma yang mendiami tisu dalaman tumbuhan seperti daun, bunga, biji, batang, akar and rizom tanpa mendatangkan penyakit atau kesan buruk kepada tumbuhan tersebut. Endofit ini biasanya terdiri daripada kulat atau bakteria yang menjalani hubungan secara simbiosis dengan tumbuhan perumah yang didiaminya. Sehingga kini, semua tumbuhan yang dikaji menunjukkan kehadiran pelbagai jenis endofit.

Endofit ini berasal daripada tanah yang mengalami penapisan aktif semasa proses penyerapan air dan nutrien oleh akar tumbuhan. Peranan utama endofit di dalam tumbuhan perumah ini dapat dibahagikan kepada dua iaitu meningkatkan kadar pertumbuhan tumbuhan perumah dengan menghasilkan beberapa jenis hormon pertumbuhan, dan menghasilkan pelbagai sebatian bioaktif sekunder yang mempunyai sifat agen antimikrob semulajadi termasuk alkaloid, flavonoid, isoflavonoid dan diterpena yang boleh meningkatkan ketahanan perumah terhadap serangan penyakit. Agen antimikrob yang dihasilkan endofit ini mempunyai keunikan yang istimewa yang mana ia adalah mesra alam dan hanya toksik kepada patogen sahaja tanpa mendatangkan kesan buruk kepada tumbuhan atau manusia.



Rajah 9: Proses pemencilan kultur kulat endofit daripada sampel rizom tumbuhan

Dalam bidang pertanian pula, kultur endofit yang telah dipencilkan dan menunjukkan bioaktiviti yang tinggi dapat digunakan sebagai agen biologi terutamanya dalam pembuatan baja bio yang bebas daripada bahan kimia. Antara faedah penggunaan baja bio berasakan endofit ini adalah ia membantu meningkatkan kadar pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan pengeluaran hormon Indole-3-Asid Asetik (IAA), iaitu hormon yang terlibat dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Selain itu, baja bio ini juga dapat membantu melawan penyakit dengan merembeskan metabolit sekunder yang mempunyai sifat antikulat dan antibakteria yang dapat membunuh patogen dengan cara memusnahkan dinding sel atau menghalang percambahan spora patogen tersebut.



Rajah 10: Imej SEM memperlihatkan kristal toksin Cry ('Crystals') dan spora ('Spore') Bacillus thuringiensis, bukti visual mekanisme biologi pengawalan serangga.

Contohnya, *Bacillus thuringiensis* menghasilkan toksin "protein kristal" yang membunuh secara selektif serangga seperti *Lepidoptera*, *Coleoptera* dan *Diptera* tanpa mendatangkan kesan buruk kepada organisma lain termasuk manusia. Hal ini berbeza dengan penggunaan racun serangga kimia seperti organoklorin, organofosfat dan karbamat yang mana ia bukan sahaja mencemarkan alam sekitar malah turut menyebabkan keracunan kepada manusia dan membunuh spesies serangga lain.

Penggunaan kultur endofit dalam teknologi salutan benih, iaitu satu teknologi inovatif dan mampan untuk meningkatkan kualiti benih juga dilihat mampu meningkatkan kualiti tanaman. Strain endofit boleh diformulasikan menjadi inokulasi mikrob yang seterusnya dapat digunakan sebagai salutan filem di lapisan luar biji benih tanaman.

Dengan ini peratusan percambahan biji benih dapat dipertingkatkan dan anak pokok yang tumbuh juga didapati mempunyai kerintangan yang tinggi terhadap penyakit sejak dari awal peringkat pertumbuhannya hinggalah ia matang dan bersedia untuk mengeluarkan hasil. Contohnya, inokulasi endofitik *Burkholderia phytofirmans* dengan benih rumput ryegrass dapat meningkatkan kadar percambahan dan pertumbuhan rumput tersebut.

Hubungan simbiosis antara endofit dan tumbuhan perumah yang luar biasa ini merupakan suatu bidang yang menarik untuk diterokai bagi menangani masalah serangan penyakit terutamanya terhadap tanaman komoditi. Endofit adalah pengganti baja kimia yang dapat mengurangkan pencemaran alam sekitar dan memastikan sistem pertanian lestari dapat dilaksanakan. Walau bagaimanapun, kekurangan teknologi formulasi yang berkesan merupakan faktor utama yang menghalang kejayaan pengkomersialan baja bio berasaskan endofit ini. Justeru, kemajuan teknologi formulasi harus dipertingkatkan melalui kerjasama pihak akademik dan industri bagi membuka lembaran baru dalam teknologi baja bio yang mampu menembusi pasaran global.



Biografi Penulis

Dr. Kharul Azmi Mu'azzam ialah pensyarah dalam bidang Mikrobiologi di Jabatan Industri Berasaskan Agro, Fakulti Industri Asas Tani, Universiti Malaysia Kelantan. Beliau berkepakaran dalam produk semula jadi, herba perubatan dan pemencilan endofit daripada tumbuhan dan herba.

Bertani dengan Data: Pemodelan Untuk Masa Depan Pertanian dan Keterjaminan Makanan Malaysia

Sektor pertanian Malaysia berada di persimpangan penting. Peningkatan populasi Malaysia yang dijangka mencecah 40 juta menjelang tahun 2040, risiko ketidaktentuan dalam iklim, serta peningkatan kebergantungan terhadap import makanan saban tahun, menyebabkan isu keselamatan makanan semakin kritikal. Untuk menangani cabaran ini, polisi Dasar Agromakanan Negara 2021-2030 (DAN 2.0) menawarkan salah satu penyelesaian dengan menekankan transformasi digital dan pertanian pintar. Ilmu pemodelan mekanistik dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) adalah antara elemen utama dalam merealisasikan penyelesaian tersebut.

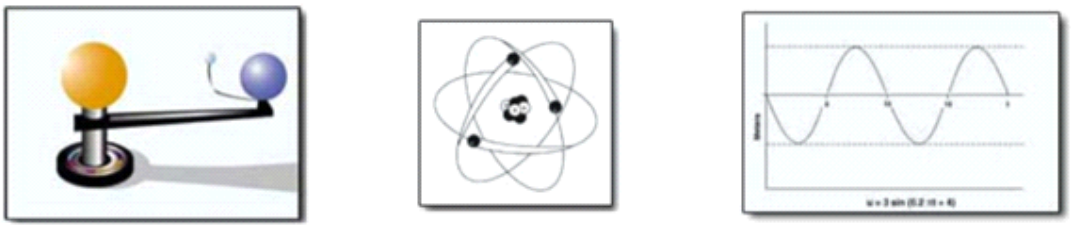
Secara umum, model amat berguna untuk membantu kita membuat keputusan. Misalnya, model boleh digunakan untuk membuat ramalan seperti ramalan perubahan cuaca, turun naik pasaran, dan hasil tanaman untuk membantu perancangan jangka panjang. Ia juga boleh digunakan untuk meningkatkan kecekapan sistem dan mengelakkan pembaziran sumber, seperti penggunaan sistem pengairan pintar. Ia juga membantu membuat keputusan kritikal berdasarkan data, membolehkan pembuat dasar, jurutera, dan penyelidik untuk menilai dasar pertanian sebelum pelaksanaan penuh.

Simulasi dan ujian menggunakan model turut membolehkan pelaksanaan eksperimen maya, sekaligus mengurangkan implikasi kewangan dan alam sekitar sebelum pelaksanaan di lapangan. Model juga boleh digunakan untuk memahami sistem yang kompleks dengan meringkaskan dan merungkai hubungan rumit, seperti kesan perubahan iklim terhadap pengeluaran tanaman atau kesan aktiviti pertanian ke atas alam sekitar, dan membolehkan perancangan pencegahan awal.

Apakah Itu Pemodelan?

Pemodelan bertujuan mencipta representasi mudah bagi sistem dunia sebenar untuk menganalisis interaksi kompleks, meramalkan hasil, atau menyokong pembuatan keputusan berdasarkan data dan ilmu sains. Contoh model asas termasuk model

matematik yang menggunakan persamaan, model konseptual yang menggunakan rajah seperti carta alir untuk memahami perkaitan antara elemen berbeza, dan model fizikal yang menggunakan representasi nyata untuk memahami sesuatu keadaan (Rajah 1). Model yang dikalibrasi dengan baik membolehkan keputusan dibuat berdasarkan data tanpa mengambil risiko besar dalam persekitaran pertanian sebenar. Namun, keberkesanan sebuah model bergantung kepada ketepatan, kebolehpercayaan, dan keupayaan model untuk disesuaikan dengan perubahan keadaan persekitaran.



Rajah 11: (a) Model fizikal menunjukkan sebahagian dari sistem solar, (b) model konsep, atau model mental, menggambarkan kaitan antara atom dan nukleus, (c) model matematik persamaan gelombang yang diterjemah dalam bentuk graf.

Salah satu cara mengklasifikasi model adalah berdasarkan mekanisme dalaman model:

1. Model kotak putih

Model ini dibina berdasarkan teori dan ilmu dan prinsip sains fizik, biologi dan kimia yang diwakili oleh persamaan matematik, sekaligus membolehkan interaksi antara pelbagai elemen di dalam model dapat diterangkan dengan jelas. Ringkasnya, tahap kebolehjelasan model adalah tinggi. Model kotak putih boleh digunakan dalam penyelidikan atau pengoptimuman dalam kejuruteraan seperti mensimulasi suhu dan kelembapan di dalam sebuah rumah hijau (greenhouse), menganggar potensi kerosakan pada buah apabila dikenakan daya, menentukan tahap pertumbuhan pokok, atau menganggar hasil pertanian.

2. Model kotak hitam

Model ini bergantung pada algoritma kompleks yang mana proses dalamannya sukar difahami dan dijelaskan oleh manusia. Model kotak hitam biasanya dipacu data raya yang

berkualiti, dan sangat berguna dalam pengecaman corak pada data. Kebanyakan model AI boleh dikategorikan sebagai model kotak hitam. Pembinaan model ini memerlukan kefahaman untuk memilih dan membina algoritma yang bersesuaian dengan permasalahan dan data.

3. Model kotak kelabu

Model ini menggabungkan model kotak hitam dan kotak putih. Kebiasaannya, ketepatan model dapat ditambah baik walaupun tahap kebolehjelasan berkurangan berbanding model kotak putih. Contoh model kotak kelabu termasuk model statistik yang digunakan untuk menganalisis data sejarah bagi meramalkan trend masa depan.

Contoh Model yang Menyokong Pertanian dan Keselamatan Makanan Negara

Antara model yang bermanfaat untuk sektor pertanian dan keselamatan makanan adalah:

1. Model ramalan kesan iklim dan cuaca ke atas pertumbuhan dan hasil tanaman.

Data meteorologi boleh digunakan untuk membuat ramalan cuaca berdasarkan data iklim setempat seperti suhu sekitar, jumlah hujan, radiasi solar dan kandungan karbon dioksida dalam udara untuk tahun terdahulu. Ramalan ini boleh digunakan untuk simulasi senario ekstrim perubahan iklim 10, 20 mahupun 30 tahun ke hadapan. Seterusnya, ramalan cuaca ini boleh digunakan untuk meramalkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Dengan itu, kesan perubahan iklim ke atas hasil tanaman dapat diramalkan. Salah satu model tanaman yang boleh digunakan adalah DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, https://dssat.net/)

2. Model ramalan kondisi tanaman dalam pertanian tepat.

Data penderiaan jauh dan analitik AI boleh digunakan untuk mengoptimumkan produktiviti tanaman melalui analisis kesihatan tanah, serangan perosak, dan keperluan baja. Model ini banyak dilaporkan di dalam jurnal saintifik.

3. Model ramalan rantaian bekalan makanan dan pasaran.

Teknik statistik dan ekonomi boleh digunakan untuk meramal turun naik harga makanan dan gangguan bekalan.

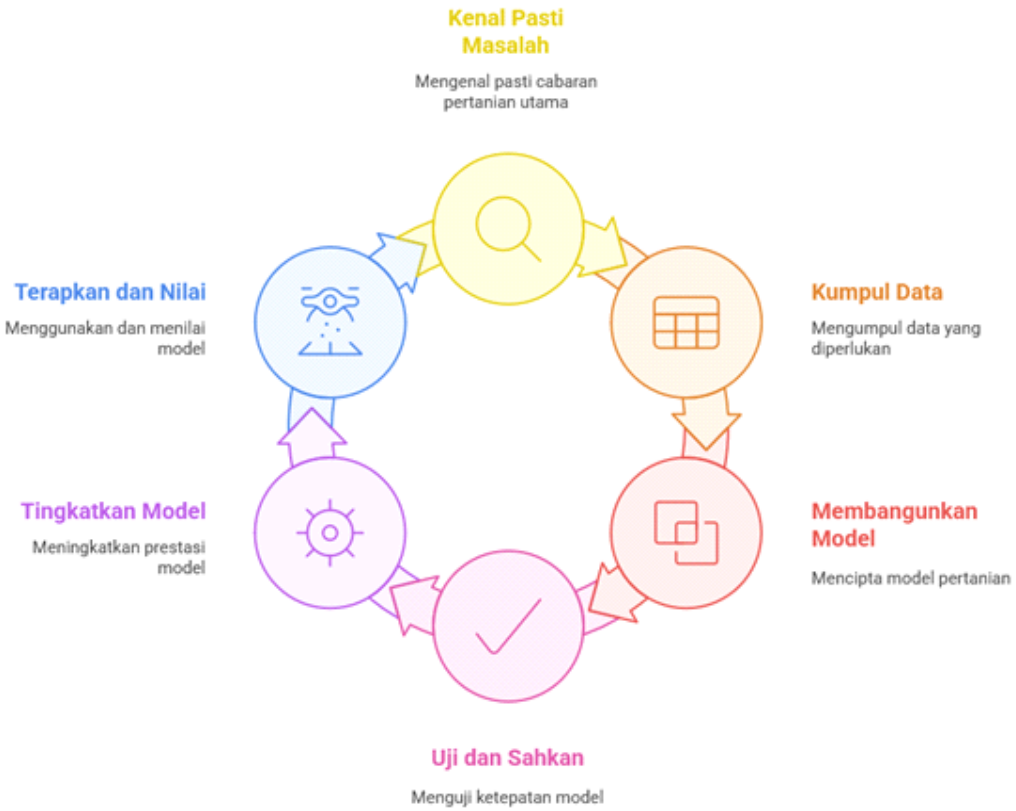
4. Model pemantauan kesihatan tumbuhan dan ternakan.

Data penderia dan analitik AI boleh digunakan untuk mengesan penyakit haiwan, seperti sistem pemantauan IoT di ladang tenusu Malaysia. Model ini juga banyak dilaporkan di dalam jurnal saintifik.

Membina Model Pertanian yang Dipercayai: Pendekatan Berstruktur

Nilai utama sesebuah model bergantung kepada prestasinya, iaitu tahap ketepatan, kebolehpercayaan, dan keberkesanannya dalam dunia sebenar. Ini dicapai melalui ketersediaan data yang berkualiti serta proses pembinaan model yang sistematik dan berterusan. Proses ini boleh dirumuskan seperti dalam Rajah 2, dan merangkumi elemen berikut:

1. Kenal pasti masalah dan menentukan objektif. Contohnya mengenal pasti cabaran utama pertanian seperti menyelidik kesan kemarau terhadap pengeluaran padi.
2. Kenal pasti data yang diperlukan dan seterusnya mengumpul data.
3. Bangunkan model.
4. Tentukur dan sahkan model menggunakan data sebenar untuk menguji prestasi model.
5. Tingkatkan prestasi model hingga ia baik untuk digunakan. Pada peringkat ini, pendapat pakar bidang dalam permasalahan yang dikaji adalah amat bernilai untuk mengesahkan prestasi model.
6. Gunakan model di lapangan atau untuk simulasi pelbagai senario. Prestasi semasa model sentiasa dinilai dan disahkan oleh pakar bidang semasa digunakan. Model akan ditambahbaik mengikut keperluan semasa agar ia sentiasa relevan dan berprestasi baik.

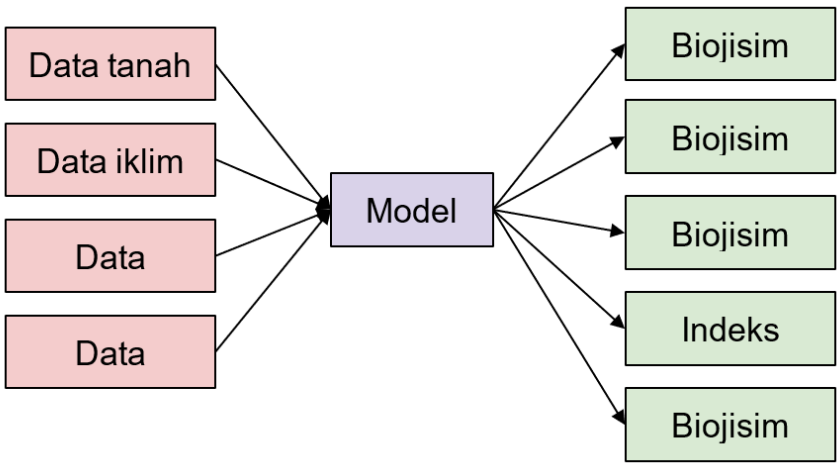


Rajah 12: Proses pembinaan model. Proses berlaku secara berterusan sehingga hasil model adalah baik dan disahkan oleh pakar bidang permasalahan yang dikaji.

Pembinaan model pertumbuhan dan hasil padi yang popular, ORYZA1, yang dimulakan pada tahun 1994 merupakan contoh proses berterusan dalam pembinaan dan penilaian model. Sejak itu, model ini telah melalui beberapa penambahbaikan dan versi baharu seperti ORYZA_W, ORYZA2000 dan yang terbaru sebagai ORYZA (v3). Antara lain, model ORYZA (v3) digunakan untuk mengkaji pelbagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil padi, termasuk kesan perubahan iklim, kadar pembajaan nitrogen yang berbeza, serta strategi pengurusan air. Melalui simulasi, model ini menggambarkan kesan senario yang dikaji melalui perkembangan biojisim akar, batang, daun hijau, daun tua, bijirin, serta indeks keluasan daun hijau, tanpa perlu menjalankan eksperimen sebenar berskala besar di lapangan. Rajah 3 menunjukkan data input dan output (hasil simulasi) model ORYZA (v3).

Walau bagaimanapun, proses penentukuran (kalibrasi) perlu dilakukan untuk memastikan ketepatan ramalan, terutamanya apabila model dibina berdasarkan data yang tidak mewakili lokasi, persekitaran atau jenis yang sedang dikaji. Untuk tujuan ini, satu eksperimen lapangan telah dijalankan di Besut, Terengganu bagi memperoleh data kalibrasi dan penilaian bagi varieti padi MR269. Dalam eksperimen ini, pelbagai data telah direkodkan termasuk data pertumbuhan pokok pada pelbagai peringkat tumbesaran, maklumat tekstur dan ketumpatan tanah, serta nisbah karbon kepada nitrogen.

Data iklim seperti jumlah hujan harian, radiasi solar dan suhu sekitaran turut diukur dan direkodkan menggunakan stesen cuaca automatik. Hasil pengesahan model berdasarkan data ini menunjukkan prestasi yang memuaskan untuk komponen biojisim keseluruhan pokok, daun hijau dan batang serta hasil bijirin. Oleh itu, model ini sedia digunakan serta boleh terus diuji apabila data baharu diperoleh. Model ini sedang terus dikalibrasi dan diuji untuk varieti padi lain seperti MR220CL dan MR219.



Rajah 13: Ringkasan data input (kotak merah) dan output (kotak hijau) untuk model ORYZA(v3)

Cabaran dalam Pemodelan Pertanian

Namun begitu, cabaran utama dalam pemodelan adalah ketersediaan data berkualiti tinggi bagi pengujian dan penilaian model. Data untuk pembinaan model perlulah sesuai, mencukupi dan berkualiti. Kualiti data turut dipengaruhi oleh teknik pengumpulan data. Kekurangan dari aspek pengumpulan data yang sistematik, sumber dan tenaga kerja terlatih untuk pengumpulan data dan akses kepada data yang tepat mengehadkan data

berkualiti tinggi dan menjejaskan prestasi model. Tambahan, kekangan kewangan dan infrastruktur pengkomputeran, dan pendedahan yang rendah terhadap teknologi amat berpotensi menghalang petani skala kecil daripada menggunakan penyelesaian berasaskan pemodelan.

Pemodelan yang Boleh Dipercayai sebagai Masa Depan Pertanian Malaysia

Teknologi pemodelan berpotensi menambah baik industri pertanian dan keselamatan makanan di Malaysia. Matlamat akhirnya adalah meningkatkan penghasilan makanan menggunakan sumber yang terhad, dan seterusnya menjamin kecukupan bekalan makanan untuk rakyat Malaysia. Namun, usaha ini memerlukan kerjasama antara petani, penyelidik, dan pembuat dasar untuk bersama dalam pembinaan dan pengemaskinian model melalui pemantauan, integrasi data masa nyata, dan penyesuaian model dengan cabaran baharu.

Biografi Penulis





Dr. Hazreen Haizi Harith, Dr. Nurulhuda Khairudin & Prof. Madya Dr. Samsuzana Abd Aziz

Ketiga-tiga penulis adalah pensyarah dan ahli kumpulan penyelidik Informatik Pertanian di Jabatan Kejuruteraan Biologi dan Pertanian, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Putra Malaysia, yang aktif menjalankan kajian, berkongsi dan mengajar topik berkaitan pemodelan untuk sistem bio dan pertanian.

Bakteriofaj Sebagai Alternatif Melawan Superbug dan Kerintangan Antibiotik

Perlumbaan yang Tidak Berkesudahan

"Superbug," "penyakit perolehan hospital," dan "sepsis" adalah istilah yang sering dikaitkan dengan krisis global kerintangan antimikrob (antimicrobial resistance, AMR). Isu ini merupakan cabaran utama dalam industri penjagaan kesihatan, penyumbang kepada peningkatan kadar kematian dan morbiditi. Namun, masih ramai yang tidak menyedari bahawa AMR dijangka menyebabkan lebih banyak kematian berbanding kanser menjelang tahun 2050, seperti yang diramalkan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO).

Kita berterusan memerangi superbug ini. Sejak antibiotik pertama ditemui, perlumbaan antara bakteria dan antibiotik bermula. Penisilin adalah antibiotik pertama yang ditemui oleh Alexander Fleming pada tahun 1928. Ia sangat berkesan dalam merawat pelbagai jangkitan bakteria dan adalah permulaan zaman kegemilngan antibiotik (1940–1962), di mana kebanyakan kelas antibiotik yang digunakan hari ini diperkenalkan.

Beberapa dekad lalu, antibiotik sering diberikan walaupun untuk penyakit ringan. Pada akhir 1980-an dan 1990-an, doktor lazimnya memberikan antibiotik dalam bentuk cecair pekat dan menasihati pesakit untuk menghabiskan dos sepenuhnya. Penggunaan antibiotik secara berlebihan bukan sahaja dalam perubatan manusia tetapi juga dalam ternakan dan pertanian. Walau bagaimanapun, penggunaan yang berlebihan dan tidak terkawal telah mendorong berlakunya proses mutasi kerintangan antibiotik pada bakteria. Ini mengubah bakteria yang dahulunya adalah strain tidak berbahaya seperti Staphylococcus, Enterococcus, dan Acinetobacter menjadi superbug yang boleh mengancam nyawa kerana bakteria tersebut tidak lagi bertindak balas terhadap kebanyakan antibiotik.

Dalam perlumbaan ini, bakteria sentiasa menyesuaikan diri dengan cepat, namun penghasilan antibiotik semakin perlahan. Walaupun bakteria tahan antibiotik telah wujud sejak awal penggunaan antibiotik, sebelum ini kita mempunyai bekalan antibiotik baharu secara berterusan. Kini, perkembangan antibiotik semakin perlahan kerana cabaran kewangan dan peraturan serta kesukaran menghasilkan ubat yang kekal berkesan terhadap bakteria tahan antibiotik. Akibatnya, banyak syarikat farmaseutikal telah mengurangkan atau menghentikan penyelidikan dan pembangunan antibiotik.

Di sebalik Antibiotik: Mencari Senjata Rahsia Semula Jadi

Keadaan ini mendorong para saintis mencari penyelesaian alternatif. Memandangkan bakteria adalah organisma hidup yang perlu membiak, bertahan, dan merebak, ia akan berevolusi sekiranya menghadapi ancaman seperti antibiotik. Jika hubungan mangsa-pemangsa dalam ekosistem membantu mengekalkan keseimbangan semula jadi, maka bakteriofaj iaitu virus yang memakan bakteria boleh menjadi kawalan biologi yang berkesan untuk mengawal dan mengatasi jangkitan bakteria.

Bakteriofaj (atau fag) ialah sejenis virus yang secara khususnya menyerang bakteria secara spesifik. Seperti semua virus lain, ia adalah parasit obligat intrasel, yang bermaksud ia memerlukan perumah untuk membiak. Fag mempunyai kespesifikan perumah yang sempit, biasanya hanya menjangkiti spesies atau genus bakteria tertentu. Yang paling penting, bakteriofag tidak menjangkiti sel manusia atau haiwan, menjadikannya selamat untuk digunakan dalam terapi tanpa mengganggu mikrobiota usus atau meningkatkan risiko jangkitan oportunistik. Penggunaan fag untuk merawat jangkitan bakteria telah bermula sebelum era antibiotik, terutamanya di Rusia dan Georgia, dan kini sedang dikaji semula sebagai potensi alternatif.

Bakteriofag tidak menjangkiti sel manusia atau haiwan, menjadikannya selamat untuk digunakan dalam terapi tanpa mengganggu mikrobiota usus atau meningkatkan risiko jangkitan oportunistik.

Sebagai parasit semula jadi bakteria, bakteriofag telah lama dikenali mempunyai potensi terapeutik. Apabila fag menjangkiti bakteria, ia mengambil alih mekanisme sintesis protein bakteria untuk membiak. Ini boleh berlaku melalui dua laluan: (i) Kitaran

Litik, yang mana bakteria dimusnahkan apabila fag membiak dan melepaskan lebih banyak fag untuk menjangkiti bakteria lain; (ii) Kitaran Lisogenik - Fag tidak segera membunuh perumah, tetapi bergabung DNA dengan genom bakteria. Dari segi perspektif yang selamat, fag litik lebih disukai kerana ia memusnahkan bakteria secara langsung. Semasa kitaran litik, fag akan melekat pada dinding sel bakteria, menyuntik kandungan DNAnya, dan mengambil alih fungsi dalaman bakteria. Apabila proses replikasi selesai, bakteria akan pecah (lisis) dan melepaskan fag baharu yang akan terus menyerang bakteria lain dalam spesies yang sama.

Banyak kajian telah melaporkan kejayaan penggunaan terapi fag terhadap manusia. Dalam satu kajian melibatkan 550 pesakit yang mengalami septisemia bakteria, fag diberikan secara oral, sapuan topikal, atau melalui mata, telinga, dan hidung. Keputusan menunjukkan kadar kejayaan antara 75% hingga 100%, dengan kesan paling tinggi pada pesakit yang tidak bertindak balas terhadap antibiotik.

Kesimpulan

Bagaimana jika rawatan antibiotik sahaja tidak mencukupi pada masa hadapan? Walaupun antibiotik kekal sebagai asas rawatan perubatan, kemunculan bakteria tahan antibiotik memaksa kita mencari pendekatan baharu. Terapi fag mungkin bukan pengganti sepenuhnya kepada antibiotik, tetapi ia menawarkan alternatif yang berpotensi besar dengan mengawal populasi bakteria secara semula jadi. Namun, kajian berterusan diperlukan sebelum terapi fag boleh digunakan secara meluas, termasuk ujian klinikal dan kelulusan peraturan. Mungkinkah fag; pemangsa semula jadi bakteria ini menjadi kunci untuk memenangi perang menentang superbug? Jawapannya terletak pada kemajuan sains dan teknologi yang seterusnya.





Biografi Penulis

Dr. Ruhil Hayati Hamdan dan Dr Tan Li Peng ialah pensyarah kanan dan ahli kumpulan penyelidik di Jabatan Paraklinikal Veterinar, Fakulti Perubatan Veterinar, Malaysia Kelantan, yang aktif menjalankan kajian dan mengajar topik berkaitan parasitologi, entomologi, kesihatan ikan dan alternatif terapi.

Rujukan

Pemanfaatan Sumber Sisa Pertanian (Bahagian 1 & 2)

i. *Balan, I. M., Trasca, T. I., Brad, I., Belc, N., Tulcan, C., Radoi, B. P., & Rinovetz, A. E. (2023). Approaches to Limiting Food Loss and Food Waste. Zero Hunger, 215 Malaysia*

ii. *Chisoro, P., Jaja, I. F., & Assan, N. (2023). Incorporation of local novel feed resources in livestock feed for sustainable food security and circular economy in Africa. Frontiers in Sustainability, 4, 1251179.*

iii. *Loh, T. C. (1999). Livestock production and the feed industry in Malaysia. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).*

iv. *Zahari, M. W., & Wong, H. K. (2009). Research and development on animal feed in Malaysia. Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences, 19(4), 172-179.*

v. *Zahari, M. W., Alimon, A. R., & Wong, H. K. (2012). Utilization of oil palm co-products as feeds for livestock in Malaysia. Biofuel co-products as livestock feed, 243.*

Unlocking Peach Palm's Nutritonal Goldmine for Malaysia's Agricultural Future

i. *Chisté, R. C., Costa, E. L. N., Monteiro, S. F., & Mercadante, A. Z. (2021). Carotenoid and phenolic compound profiles of cooked pul ps of orange and yellow peach palm fruits (Bactris gasipaes) from the Brazilian Amazonia. Journal of Food Composition and Analysis , 99, 103873. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103873*

ii. *da Costa, R. D. S., da Cruz Rodrigues, A. M., & da Silva, L. H. M. (2022). The fruit of peach palm (Bactris gasipaes) and its technol ogical potential: an overview. In Food Science and Technology (Brazil) (Vol. 42). Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Ali mentos, SBCTA. https://doi.org/10.1590/fst.82721*

iii. *da Costa, R. D. S., Flôres, S. H., Brandelli, A., Vargas, C. G., Ritter, A. C., da Cruz Rodrigues, A. M., & da Silva, L. H. M. (2023). Development and properties of biodegradable film from peach palm (Bactris gasipaes). Food Research International, 173, 113172. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113172*

iv. *da Silva Bernardi, D. P., Freitas Pires, C. R., Martins da Costa, D., Melo Viroli, S. L., Sousa da Silva, N., Ferreira Lima, R. A., Souza Pereira, A., & Mello Silva, B. (2024). Evaluation of the nutritional potential of peach palm flour and its application in crunchy snacks. Scientia Plena, 20(3). https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.031501*

v. *de Carvalho Cardoso, E. S., Martins, N. Q., Azevedo, R. A., Palmeira, L. S., Quintanilha-Peixoto, G., Andrade, B., Santos, M. P. F., Uetanabaro, A. P. T., da Silva, E. G. P., Goes-Neto, A., & da Costa, A. M. (2025). Production and application of inulinase by new is olates of Aspergillus welwitschiae from fermented peach-palm waste for the production of fructooligosaccharides. Food Chemistry, 4 65, 141978. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141978*

vi. *de Cássia Spacki, K., Corrêa, R. C. G., Uber, T. M., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., Peralta, R. A., de Fátima Peralta Muniz Moreira, R., Helm, C. V., de Lima, E. A., Bracht, A., & Peralta, R. M. (2022). Full Exploitation of Peach Palm (Bactris gasipaes Kunth): State of the Art and Perspectives. In Plants (Vol. 11, Issue 22). MDPI. https://doi.org/10.3390/plants11223175*

vii. *Felisberto, M. H. F., Costa, M. S., Boas, F. V., Leivas, C. L., Franco, C. M. L., de Souza, S. M., Clerici, M. T. P. S., & Cordeiro, L. M. C. (2020). Characterization and technological properties of peach palm (Bactris gasipaes var. gasipaes) fruit starch. Food Research International, 136. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109569*

viii. *Fonseca, K. S., Omena-Garcia, R. P., Melo, A. A. M., de Sousa, A. E. D., Puschmann, R., Ribeiro, D. M., Picoli, E. A. de T., & Nun es-Nesi, A. (2023). Anatomical and metabolic changes related to the yellowing of minimally processed peach palm (Bactris gasipaes Kunth) during cold storage. Food Chemistry Advances, 3, 100523. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100523*

ix. *González-Jaramillo, N., Bailon-Moscoso, N., Duarte-Casar, R., & Romero-Benavides, J. C. (2022). Peach Palm (Bactris gasipaes Kunth.): Ancestral Tropical Staple with Future Potential. In Plants (Vol. 11, Issue 22). MDPI. https://doi.org/10.3390/plants11223134*

x. *Martínez-Girón, J., Cafarella, C., Rigano, F., Giuffrida, D., Mondello, L., Baena, Y., Osorio, C., & Ordóñez-Santos, L. E. (2024). Pea ch Palm Fruit (Bactris gasipaes) Peel: A Source of Provitamin A Carotenoids to Develop Emulsion-Based Delivery Systems. ACS O mega, 9(26), 28738–28753. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c03095*

xi. *Pinheiro, R. C., Ballesteros, L. F., Cerqueira, M. A., Rodrigues, A. M. C., Teixeira, J. A., & Silva, L. H. M. (2022). Peach palm (Bactris gasipaes Kunth) and mammee apple (Mammea americana L.) seeds: Properties and potential of application in industry. LWT, 170, 114089. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114089*

xii. *Pinheiro, A. P. P., & d'Almeida, J. R. M. (2020). Peach palm: Pseudo-wood for sustainable jewelry design. Materials Today: Proceedings, 33, 1869–1873. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.228*

xiii. *Pires, M. B., Amante, E. R., Lucia de Oliveira Petkowicz, C., Esmerino, E. A., Manoel da Cruz Rodrigues, A., & Meller da Silva, L. H. (2021). Impact of extraction methods and genotypes on the properties of starch from peach palm (Bactris gasipaes Kunth) fruits.*

xiv. *Ribeiro, G. S., Monteiro, M. K. C., do Carmo, J. R., da Silva Pena, R., & Chisté, R. C. (2021). Peach palm f lour: production, hygroscopic behaviour and application in cookies. Heliyon, 7(5), e07062. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heli yon.2021.e07062*

xv. *Santamarina, A. B., de Souza Mesquita, L. M., Casagrande, B. P., Sertorio, M. N., Vitor de Souza, D., Mennitti, L. V, Ribeiro, D. A., Estadella, D., Ventura, S. P. M., de Rosso, V. V, & Pisani, L. P. (2022). Supplementation of carotenoids from peach palm waste (Bactris gasipaes) obtained with an ionic liquid mediated process displays kidney anti-inflammatory and antioxidant outcomes. Food Che mistry: X, 13, 100245. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100245*

xvi. *Silva, J. V. M., Santos, A. S., Pereira, G. A., & Chisté, R. C. (2023). Ultrasound-assisted extraction using ethano l efficiently extracted carotenoids from peels of peach palm fruits (Bactris gasipaes Kunth) without altering qualitative carotenoid profi le. Heliyon, 9(4), e14933. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14933*

xvii. *Soares , S. D., Santos, O. V. Dos, Nascimento, F. D. C. A. D., & Pena, R. da S. (2022). A review of the nutritional properties of different varieties and byproducts of peach palm (Bactris gasipaes) and their potential as functional foods. In International Journal of Food Properties (Vol. 25, Issue 1, pp. 2146–2164). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2127761*

xviii. *Timm, T. G., Amâncio, B. R., Loregian, K. E., Magnani, E., Helm, C. V., de Lima, E. A., Marcondes, M. I., Branco, R. H., de Paula, E. M., Benedeti, P. D. B., & Tavares, L. B. B. (2024). Peach palm shells (Bactris gasipaes Kunth) bioconversion by Lentinula edode s: Potential as new bioproducts for beef cattle feeding. Bioresource Technology, 394. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.130292*

Dari Sisa Ladang Ke Makmal: Superfood Yang Kita Cari Selama Ini

i. *Alzate Acevedo, S., Díaz Carrillo, Á.J., Flórez-López, E., Grande-Tovar, C.D., 2021. Recovery of banana waste-loss from production and processing: A contribution to a circular economy. Molecules. https://doi.org/10.3390/molecules26175282*

ii. *Arumugam, S., Pugazhenthi, G., Selvaraj, S., 2023. Investigations on mechanical properties of processed banana leaves for sustainable food packaging applications. Mater Today Proc. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.256*

iii. *Deng, G., Sheng, O., Bi, F., Li, C., Dou, T., Dong, T., Yang, Q., Gao, H., Liu, J., Zhong, X., 2020. Metabolic profiling in banana pseudo-stem reveals a diverse set of bioactive compounds with potential nutritional and industrial applications. Phyton (B Aires) 89, 1102–1130.*

iv. *Hikal, W.M., Said-Al Ahl, H.A.H., Bratovcic, A., Tkachenko, K.G., Sharifi-Rad, J., Kačániová, M., Elhourri, M., Atanassova, M., 2022. Banana peels: a waste treasure for human being. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2022, 7616452. https://doi.org/10.1155/2022/7616452*

v. *Zou, F., Tan, C., Zhang, B., Wu, W., Shang, N., 2022. The valorization of banana by-products: nutritional composition, bioactivities, applications, and future development. Foods 11, 3170. https://doi.org/10.3390/foods11203170*

Kedidi dan Enggang dalam Bahaya: Pemanasan Global Mengancam Migrasi Burung

i. *BirdLife International. (2002). State of the world's birds: Indicators for our changing world.*

ii. *Wetlands International. (2002). Summary report on Asian Waterbird Census 2002 released marking World Biodiversity Day.*

iii. *Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN). (n.d). Laporan Tahunan.*

iv. *International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). The IUCN Red List of Threatened Species.*

Urban Parks in Peril: Is There Still Room to Breathe?

i. *Adla, K., Dejan, K., Neira, D., & Dragana, Š. (2022). Chapter 9-Degradation of ecosystems and loss of ecosystem services (JC Prata, AI Ribeiro, & TBT-OH Rocha-Santos.*

ii. *Andrady, A. L., Heikkilä, A. M., Pandey, K. K., Bruckman, L. S., White, C. C., Zhu, M., & Zhu, L. (2023). Effects of UV radiation on natural and synthetic materials. Photochemical & Photobiological Sciences, 22(5), 1177-1202.*

iii. *Cheng, Y. D., Farmer, J. R., Dickinson, S. L., Robeson, S. M., Fischer, B. C., & Reynolds, H. L. (2021). Climate change impacts and urban green space adaptation efforts: Evidence from US municipal parks and recreation departments. Urban climate, 39, 100962.*

iv. *Hatipoğlu, İ. H. (2023). Sustainable Approaches in Urban Landscaping: Climate Change and Urban Ecosystems. Architectural Sciences and Urban/Environmental Studies-I, 204-227.*

v. *Irfeey, A. M. M., Chau, H. W., Sumaiya, M. M. F., Wai, C. Y., Muttil, N., & Jamei, E. (2023). Sustainable mitigation strategies for urban heat island effects in urban areas. Sustainability, 15(14), 10767.*

vi. *Liu, Y., Lu, A., Yang, W., & Tian, Z. (2023). Investigating factors influencing park visit flows and duration using mobile phone signaling data. Urban Forestry & Urban Greening, 85, 127952.*

vii. *Pröbstl-Haider, U., Hödl, C., Ginner, K., & Borgwardt, F. (2021). Climate change: Impacts on outdoor activities in the summer and shoulder seasons. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 34, 100344.*

viii.

ix. *Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants, 10(2), 259.*

x. *Song, Y., & Wei, Q. (2024). Impact of apparent temperatures on park visitation behavior: A comprehensive analysis using large-scale mobility data. Science of The Total Environment, 940, 173388.*

Green Technology through Day-Night Photocatalysis: A Sustainable Approach to Environmental Remediation

i. *Bencherif, S. D., Gallardo, J. J., Carrillo-berdugo, I., Bahmani, A., & Navas, J. (2021). Synthesis, characterization and photocatalytic performance of calcined zncr-layered double hydroxides. Nanomaterials, 11(11). https://doi.org/10.3390/nano11113051*

ii. *Cai, T., Liu, Y., Wang, L., Dong, W., & Zeng, G. (2019). Recent advances in round-the-clock photocatalytic system: Mechanisms, characterization techniques and applications. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 39, 58–75. https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2019.03.002*

iii. *Huang, C., Wang, J., Li, M., Lei, X., & Wu, Q. (2021). Construction of a novel Z-scheme V2O5/NH2-MIL-101(Fe) composite photocatalyst with enhanced photocatalytic degradation of tetracycline. Solid State Sciences, 117(August 2020), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2021.106611*

iv. *Krishnan, S. A. G., Abinaya, S., Arthanareeswaran, G., Govindaraju, S., & Yun, K. (2022). Surface-constructing of visible-light Bi2WO6/CeO2 nanophotocatalyst grafted PVDF membrane for degradation of tetracycline and humic acid. Journal of Hazardous Materials, 421(May 2021), 126747. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126747*

v. Liu, N., Lu, N., Yu, H. T., Chen, S., & Quan, X. (2020). Efficient day-night photocatalysis performance of 2D/2D Ti3C2/Porous g-C3N4 nanolayers composite and its application in the degradation of organic pollutants. Chemosphere, 246. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125760

vi. Mittal, H., & Khanuja, M. (2021). Hydrothermal in-situ synthesis of MoSe2-polypyrrole nanocomposite for efficient photocatalytic degradation of dyes under dark and visible light irradiation. Separation and Purification Technology, 254(July 2020), 117508. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117508

vii. Mokhtarifar, M., Nguyen, D. T., Sakar, M., Lucotti, A., Asa, M., Kaveh, R., Diamanti, M. V., Pedeferri, M. P., & Do, T. O. (2022). Smart protection of surfaces during day-night by a novel composite self-cleaning coating with catalytic memory. Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(1), 106891. https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106891

viii. Sathishkumar, K., Li, Y., Alsalhi, M. S., Muthukumar, B., Gaurav, G. K., Devanesan, S., Rajasekar, A., & Manikandan, R. (2021). Enhanced biological nitrate removal by gC3N4/TiO2 composite and role of extracellular polymeric substances. Environmental Research, September, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112158

ix. Sohaimi, K. S. A., Jaafar, J., Othman, M. H. D., Rahman, M. A., Aziz, F., Kurniawan, S. B., Abdullah, F., & Shakhih, M. F. M. (2024). A novel approach of photo-charging and dark-discharging mechanisms by using V2O5 / g-C3N4 photocatalysts for ciprofloxacin degradation. Applied Catalysis B: Environmental, 357(February), 124233. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2024.124233

Apabila Cahaya dan Polimer Bekerjasama Selamatkan Alam

i. Amor, C., Marchão, L., Lucas, M. S., & Peres, J. A. (2019). Application of advanced oxidation processes for the treatment of recalcitrant agro-industrial wastewater: A review. Water (Switzerland), 11(2). https://doi.org/10.3390/w11020205

ii. Chowdhary, P., & Bharagava, R. N. (2020). Green technologies and environmental sustainability. Environment, Development and Sustainability, 22(3), 2699–2701. https://doi.org/10.1007/s10668-018-00304-1

iii. Díaz-Álvarez, M., Turiel, E., & Martín-Esteban, A. (2023). Recent advances and future trends in molecularly imprinted polymers-based sample preparation. Journal of Separation Science, 46(12). https://doi.org/10.1002/jssc.202300157

iv. Jozsef,K., Mayamin R., Sibel B., Rustem K., Gyorgy S.,(2017). Long-term stability and reusability of molecularly imprinted polymers, Polymer Chemistry Volume 8, Issue 4,666-673. https://doi.org/10.1039/c6py01853j

v. Lange, B. H. (2021). A Message from the Executive Director. SMPTE Motion Imaging Journal, 130(2), 6. https://doi.org/10.5594/JMI.2021.3057266

vi. Liu, Z., Xu, Z., Liu, H., Wang, D., Yang, Y., Duan, Y., Ma, L., & Lin, T. (2021). A review on molecularly imprinted polymers preparation by computational simulation-aided methods. Polymers, 13(16), 1–18. https://doi.org/10.3390/polym13162657

vii. Srivastava, S. K. (2024). Recent advances in removal of pharmaceutical pollutants in wastewater using metal oxides and carbonaceous materials as photocatalysts: a review. RSC Applied Interfaces, 1(3), 340–429. https://doi.org/10.1039/d3lf00142c

viii. Zhang, X., & John, S. (2020). Enhanced photocatalysis by light-trapping optimization in inverse opals. Journal of Materials Chemistry A, 8(36), 18974–18986. https://doi.org/10.1039/d0ta05655c

The Future of Plastic Degradation: Can Microbes Solve Our Waste Crisis?

i. *Cai, Z., Li, M., Zhu, Z., Wang, X., Huang, Y., Li, T., . . . Yan, M. (2023). Biological Degradation of Plastics and Microplastics: A Recent Perspective on Associated Mechanisms and Influencing Factors. Microorganisms, 11(7). doi:10.3390/microorganisms11071661*

ii. *Gopinath, K. P., Nagarajan, V. M., Krishnan, A., & Malolan, R. (2020). A critical review on the influence of energy, environmental and economic factors on various processes used to handle and recycle plastic wastes: Development of a comprehensive index. Journal of Cleaner Production, 274, 123031. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123031*

iii. *Min, K., Cuiffi, J. D., & Mathers, R. T. (2020). Ranking environmental degradation trends of plastic marine debris based on physical properties and molecular structure. Nature Communications, 11(1), 727. doi:10.1038/s41467-020-14538-z*

iv. *Samat, A. F., Carter, D., & Abbas, A. (2023). Biodeterioration of pre-treated polypropylene by Aspergillus terreus and Engyodontium album. npj Materials Degradation, 7(1), 28. doi:10.1038/s41529-023-00342-9*

v. *Viel, T., Manfra, L., Zupo, V., Libralato, G., Cocca, M., & Costantini, M. (2023). Biodegradation of Plastics Induced by Marine Organisms: Future Perspectives for Bioremediation Approaches. Polymers, 15(12), 2673. Retrieved from https://www.mdpi.com/2073-4360/15/12/2673*

vi. *Wróbel, M., Szymańska, S., Kowalkowski, T., & Hrynkiewicz, K. (2023). Selection of microorganisms capable of polyethylene (PE) and polypropylene (PP) degradation. Microbiol Res, 267, 127251. doi:10.1016/j.micres.2022.127251*

AI Menyelamatkan Spesies Kuda Liar Terakhir di Dunia

i. *Agca, Y., & Critser, J. K. (2006). The laboratory rat (2nd ed.). Elsevier.*

ii. *Buendia, R. G. (2018). Multiculturalism and economic cooperation in ASEAN. In I. Yusuf (Ed.), Multiculturalism in Asia – Peace and Harmony (pp. 79).*

iii. *Smithsonian Institution. (2013). First wild horse species born through artificial insemination at Smithsonian Conservation Biology Institute*

iv. *Gambini, A., & Cabeza, J. P. (2023). Advancements and challenges in in vitro reproductive technologies for the conservation of equine species. Theriogenology Wild,Elsevier.*

v. *Rahman, M. M., Abdullah R,B, W. E. Wan Khadijah (2019). Advances in artificial breeding technologies in Southeast Asia. Journal of Animal Reproduction Science, 110(3), 45–58.*

vi. *The Blood Horse (2014). Australia's Rules Banning AI in Thoroughbreds Upheld. The Horse.*

vii. *Wani, G., & Faizullabhoy, M. (2024). Equine Artificial Insemination Market Size By Component (Services, Semen [Fresh, Chilled, Frozen], Equipment, Reagents & Kits), Application (Sports, Breeding), End-use (Breeding Centers, Clinics, Research Institutes), Regional Outlook & Global Forecast, 2024 – 2032. In Global Market Insights Inc.*

Bertani dengan Data: Pemodelan Untuk Masa Depan Pertanian dan Keterjaminan Makanan Malaysia

i. *Affendy, M., Ramasamy, R., & Rajendran, V. (2025). Leveraging deep learning for agricultural market forecasting and supply chain optimization in Malaysia. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 9(2), 8966.*

ii. *Behjati, M., Mohd Noh, A. B., Alobaidy, H. A., Zulkifley, M. A., Nordin, R., & Abdullah, N. F. (2021). LoRa communications as an enabler for internet of drones towards large-scale livestock monitoring in rural farms. Sensors, 21(15), 5044.*

iii. *Bouman, B. A. M., & Van Laar, H. H. (2006). Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions. Agricultural Systems, 87(3), 249–273.*

iv. *Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., Wilkens, P. W., Singh, U., Gijsman, A. J., & Ritchie, J. T. (2003). DSSAT: Decision Support System for Agrotechnology Transfer. European Journal of Agronomy, 18, 235–265.*

v. *Nurulhuda, K., Muharam, F. M., Shahar, N. A. N., Hashim, M. F. C., Ismail, M. R., Keesman, J. K., & Zulkafli, Z. (2022). ORYZA (v3) rice crop growth modeling for MR269 under nitrogen treatments: Assessment of cross-validation on parameter variability. Computers and Electronics in Agriculture, 195, 106809.*

vi. *Keong, E. P., Rana, M. E., & Hameed, V. A. (2022, March). Crop suitability prediction model for Malaysian crop diversification. In 2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA) (pp. 1004–1012). IEEE.*

vii. *Kropff, M. J., Laar, H. V., & Matthews, R. B. (Eds.). (1994). ORYZA1: An ecophysiological model for irrigated rice production (p. 110). Wageningen, Netherlands: IRRI/AB-DLO.*

viii. *Wopereis, M. C. S., Bouman, B. A. M., Tuong, T. P., Ten Berge, H. F. M., & Kropff, M. J. (1996). ORYZA_W: Rice growth model for irrigated and rainfed environments. In SARP Research Proceedings (p. 159). Wageningen, Netherlands: IRRI/AB-DLO.*

ix. *Jabatan Statistik Malaysia. (2016, November). Population projection (revised), Malaysia, 2010–2040. Department of Statistics Malaysia. Retrieved March 27, 2025, from https://www.dosm.gov.my/portal-main/release-content/population-projection-revised-malaysia-2010-2040*

x. *Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan. (2021, Oktober). Dasar Agromakanan Negara 2021–2030 (DAN 2.0). Ministry of Agriculture and Food Security Malaysia. Retrieved March 27, 2025, from https://www.kpkm.gov.my/bm/dasar-agromakanan/dasar-agromakanan-negara-2-0*

xi. *Nik Sharifulden, N. S. A. (2024, August). What does it take to transform Malaysia's agriculture sector into a high-tech industry? Khazanah Research Institute. Retrieved March 27, 2025, from https://www.krinstitute.org/assets/contentMS/img/template/editor/AI%20Agri%20Views_forwebsite.pdf*

xii. *Country's imports of food products still high. (2024, January 2). The Star. Retrieved from https://www.thestar.com.my/business/business-news/2024/01/02/countrys-imports-of-food-products-still-high*

Bakteriofaj Sebagai Alternatif Melawan Superbug dan Kerintangan Antibiotik

i. *Campbell A. The future of bacteriophage biology. Nat Rev Genet. 2003 Jun;4(6):471-7. https://doi.org/10.1038/nrg1089.*

ii. *Labrie, S., Samson, J. & Moineau, S. Bacteriophage resistance mechanisms. Nat Rev Microbiol 8, 317–327 (2010). https://doi.org/10.1038/nrmicro2315*

iii. *Secor, P. R., & Dandekar, A. A. (2020). More than Simple Parasites: the Sociobiology of Bacteriophages and Their Bacterial Hosts. mBio, 11(2), e00041-20. https://doi.org/10.1128/mBio.00041-20*

Sorotan Edisi Terdahulu



Bil 01/2024

NEXUS+ Edisi Pertama

https://www.yslestari.org.my/**nexusplus-01**



Bil 02/2024

NEXUS+ Edisi Kedua

https://www.yslestari.org.my/**nexusplus-02**

Sokongan Anda, Harapan Kami

Kami mengalu-alukan sebarang sumbangan ikhlas bagi menyokong usaha penyelidikan, advokasi dasar dan penerbitan ilmiah yang digerakkan oleh Yayasan Strategik Lestari.

Sumbangan anda menjadi pemangkin kepada usaha membina negara yang lebih lestari, adil dan berdaya tahan.

CIMB BANK

860 521 6889

Yayasan Strategik Lestari



YAYASAN STRATEGIK LESTARI
(PPAB-14/2022)
No. 93A-1, Jalan Prima SG 3, Prima Sri Gombak, 68100 Batu Caves,
Selangor Darul Ehsan

www.yslestari.org.my/**nexusplus**