

i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



TEKNOLOGI NUKLEAR Dalam Pertanian Ke Arah Pembangunan Lestari

Sejarah

Sejarah agensi bermula pada 11 November 1971 apabila satu jawatankuasa yang dikenali sebagai Pusat Penyelidikan dan Aplikasi Tenaga Nuklear (CRANE) ditubuhkan, bagi mengkaji kemungkinan Malaysia menceburi bidang teknologi nuklear. Usul ini telah diterima dan diluluskan dalam mesyuarat Jemaah Menteri pada 19 September 1972 yang menyokong cadangan terhadap keperluan Malaysia menubuhkan pusat penggunaan dan penyelidikan teknologi nuklear. Pada Ogos 1973, Jawatankuasa Perancangan Pembangunan Negara mencadangkan untuk menamakan pusat ini sebagai Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI) dan telah diiktiraf sebagai pusat kebangsaan.

PUSPATI telah diletakkan di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar (MOSTE). Tahun 1983 merupakan detik penting bagi agensi apabila diberikan identiti baru iaitu Unit Tenaga Nuklear (UTN). Serentak dengan itu, UTN telah dipindahkan dari MOSTE ke Jabatan Perdana Menteri (JPM). Ini memberi impak yang besar kepada peranan agensi kerana buat pertama kalinya aktiviti nuklear yang melibatkan perancangan polisi negara dan kegiatan

operasi nuklear disatukan di bawah naungan JPM. Namun pada 27 Oktober 1990, UTN telah dipindahkan semula ke MOSTE. Jemaah Menteri dalam mesyuaratnya pada 10 Ogos 1994, telah meluluskan pertukaran nama UTN kepada Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT).

Logo baru juga telah diperkenalkan pada 22 Oktober 2009 ketika Hari Pelanggan MINT, yang juga julung kali diadakan. Bagi memberi arah hala yang lebih jelas, isi MINT diperkemas kepada mempertingkatkan pembangunan dan daya saing ekonomi negara melalui kecemerlangan dalam teknologi nuklear. Pada 13 April 2005 sekali lagi agensi mengalami perubahan entiti apabila digazet dengan nama baru iaitu Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia). Kini Nuklear Malaysia terus melebarkan sayap dalam mengembangkan R, D & C bagi menyokong aspirasi negara.

Peranan

Nuklear Malaysia adalah sebuah agensi di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI). Nuklear Malaysia juga adalah agensi peneraju penyelidikan dan pembangunan (R&D) sains dan teknologi nuklear bagi pembangunan sosioekonomi negara. Semenjak penubuhannya, Nuklear Malaysia telah diamanahkan dengan tanggungjawab untuk memperkenalkan dan mempromosi sains dan teknologi nuklear kepada masyarakat, sekaligus menyemai minat dan menyedarkan orang awam akan kepentingan teknologi nuklear dalam kehidupan. Hingga ke hari ini, Nuklear Malaysia kekal penting sebagai sebuah organisasi yang mantap dalam bidang saintifik, teknologi dan inovasi.

Pencapaian cemerlang Nuklear Malaysia adalah bersandarkan pengalaman 47 tahun dalam pelbagai pembangunan S&T nuklear, serta 37 tahun dalam pengendalian reaktor penyelidikan yang bebas kemalangan radiologi dan bersih alam sekitar. Selain itu, hasil R&D yang berpotensi turut diketengahkan ke pasaran sebagai usaha memanfaatkan penemuan inovasi saintifik kepada rakyat dan ekonomi Malaysia. Nuklear Malaysia juga sentiasa memastikan perkhidmatan yang diberikan adalah berkualiti dan bertaraf antarabangsa dalam kelasnya. Kemampuan ini adalah berdasarkan latihan dan disiplin tenaga kerja profesional, infrastruktur, kejuruteraan serta makmal penyelidikan yang lengkap.

Posisi Nuklear Malaysia sebagai pusat penyelidikan unggul telah diiktiraf dan dicontohi oleh agensi-agensi nuklear dari negara-negara jiran, malahan dijadikan model dalam merangka pelan pelaksanaan pembangunan S&T nuklear masing-masing, terutamanya aspek pemindahan dan pengkomersilan teknologi.

PENAUNG

Dr. Mohd. Abd. Wahab bin Yusof

EDITOR KANAN

Habibah binti Adnan

EDITOR

Normazlin binti Ismail

PENYELARAS

Mohd Sha Affandi bin Md Aripin

PENULIS

Affrida binti Abu Hassan
 Ahmad Nazrul bin Abd Wahid
 Dr. Ahmad Zainuri bin Mohamad Dzomir
 Mohd Noor Hidayat bin Adenan
 Mohd Sha Affandi bin Md Aripin
 Normazlin binti Ismail
 Norazlina binti Noordin
 Nur Humaira' Lau binti Abdullah
 Dr. Phua Choo Kwai Hoe
 Ros Anita binti Ahmad Ramli
 Dr. Seri Chempaka binti Mohd Yusof
 Dr. Sobri bin Hussein
 Salmah binti Moosa
 Wan Jazlina binti Wan Ahmat
 Dr. Zaiton binti Ahmad

PEREKA GRAFIK

Norhidayah binti Jait

JURUFOTO

Nor Hasimah binti Hashim

DITERBITKAN OLEH:

Unit Penerbitan
 Bahagian Pengurusan Maklumat
 Agensi Nuklear Malaysia
 Bangi, 43000 Kajang,
 Selangor Darul Ehsan.

hak cipta terpelihara

Mana-mana bahagian penerbitan ini tidak boleh dikeluarkan, disimpan dalam sistem dapat kembali, atau disiarkan dalam apa-apa jua cara, sama ada secara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman atau lain-lain, sebelum mendapat izin bertulis daripada Penerbit. Sidang Editor berhak melakukan penyuntingan ke atas tulisan yang diterima selagi tidak mengubah isinya. Karya yang disiarkan tidak semestinya mencerminkan pendapat dan pendirian Agensi Nuklear Malaysia.

isikandungan i-NUKLEAR

2 Tinta Ketua Pengarah
& Dari Meja Editor

3-4 SIFAR KELAPARAN:
Menamatkan Krisis Kelaparan,
Mencapai Jaminan Kualiti Makanan
dan Nutrisi yang Lebih Baik serta
Menggalakkan Pertanian Mampuan

5-9 Bekalan Makanan Mapan
dengan Penghasilan Varieti Baharu
Tanaman Menggunakan Teknologi
Nuklear

10-12 Kemudahan Penyinaran Gama Akut
dan Kronik bagi Penghasilan Varieti
Baharu Tanaman

13-14 Kebuk Penyinaran Gama BioBeam
GM8000

15-17 Varieti Baharu Padi, NMR 151 & 152
Meningkatkan Hasil Padi Tempatan

18-21 Amalan Pertanian Lestari
Melalui Penggunaan BIOBAJA

22-26 Teknik Serangga Steril (SIT)
Melawan Serangga Perosak

27-31 Teknologi Penyinaran Makanan:
Adiwira Bagi Kelestarian Bekalan
Makanan Dunia

32-35 Sistem Kebolehhesanan Dan
Pengesahan Ketulenan
Makanan Menggunakan Teknologi
Isotop Stabil

36-38 Pengesanan
Makanan Disinar

39-41 Peranan Teknologi Nuklear ke Arah
Pertanian Lestari untuk Mitigasi
Pelepasan Gas Rumah Hijau

t i n t a

ketua pengarah

Pada 25 September 2015, ketika Perhimpunan Agung Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB), pemimpin-pemimpin dunia telah bersepakat menerima 17 Matlamat Pembangunan Lestari (SDG) dan 169 sasaran berkaitan yang perlu dicapai menjelang Tahun 2030. SDG boleh dianggap satu agenda pembangunan mampan yang lengkap merangkumi pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial komuniti dan kelestarian alam sekitar. Berpegang kepada falsafah bahawa kita bukan sekadar memiliki dan mewarisi dunia ini tetapi kita menjaga dan mengurusnya untuk generasi akan datang maka matlamat yang ingin dicapai melalui SDG perlu turut diintegrasikan dalam merancang dan melaksanakan aktiviti R&D di Nuklear Malaysia.

Nuklear Malaysia giat menjalankan pelbagai R&D agar teknologi nuklear dapat dimanfaatkan untuk menyokong matlamat SDG seperti membasmi kemiskinan dan kelaparan, memastikan bekalan makanan berterusan dengan R&D yang dapat mengatasi masalah dalam bidang pertanian dan menyokong pertanian lestari. Selain itu, R&D juga giat dijalankan untuk menyokong pengurusan alam sekitar dan sumber air yang lestari. Di dalam isu perubahan iklim, teknologi nuklear amat bermanfaat untuk mencari alternatif bagi mengurangkan masalah ini dan membantu semua pihak menghadapi impak daripada perubahan iklim ini.

Dr. Mohd. Abd. Wahab bin Yusof

Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia



d a r i

meja editor

"Pertanian mampan dan keselamatan makanan"

Amalan pertanian lestari yang dibangunkan dengan aplikasi teknologi nuklear dapat membantu dalam memelihara sumber tanah, air dan tanaman bagi melindungi tumbuhan daripada serangga perosak dan menghasilkan lebih banyak sumber makanan.

Untuk membasmi kelaparan dan kekurangan zat makanan, pegawai penyelidik dan pakar dalam bidang kesihatan menggunakan aplikasi teknologi nuklear dan isotop dengan mengkaji pelbagai bentuk kekurangan zat makanan. Hasil kajian yang dilakukan dapat membantu penggubal dasar dan pakar untuk membangunkan program yang efektif bagi mengatasi krisis kelaparan dan kekurangan zat makanan. Ini termasuk inisiatif penekanan dalam bidang makanan yang memberi tumpuan kepada penghasilan makanan yang kaya dengan vitamin dan mineral utama.

Habibah binti Adnan

Pengarah
Bahagian Pengurusan Maklumat





SIFAR KELAPARAN

Menamatkan Krisis Kelaparan, Mencapai Jaminan Kualiti Makanan dan Nutrisi yang Lebih Baik serta Menggalakkan Pertanian Mampan

Mohd Sha Affandi Md Aripin dan Wan Jazlina Wan Ahmat

Negara-negara dunia telah sepakat mengadaptasi Matlamat Pembangunan Lestari (*Sustainable Development Goals* -SDGs) yang menggariskan 17 matlamat utama semasa Perhimpunan Agung Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB) tahun 2015. Matlamat ini akan cuba dicapai secara kolektif menjelang tahun 2030 dan menjadi agenda tindakan untuk pembangunan manusia dan bumi. Matlamat ini merupakan kesinambungan daripada Matlamat Pembangunan Milenium yang berakhir pada tahun 2015.

Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) amat menyokong negara-negara ahli untuk menggunakan teknik nuklear bagi menjayakan SDGs. Malahan, IAEA juga telah mengenalpasti 9 matlamat utama SDGs yang berpotensi untuk dikembangkan melalui penggunaan teknologi nuklear secara terus. Matlamat utama tersebut adalah seperti berikut;



Edisi I-Nuklear kali ini adalah fokus kepada matlamat sifar kelaparan. Setelah empat tahun SDGs dilancarkan, Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia) berhasrat untuk berkongsi dengan pembaca kajian dan sumbangan teknik nuklear yang sedang dijalankan khususnya dalam bidang pertanian. Masalah kelaparan dan makanan tidak bernutrisi amat berkait rapat dengan kekurangan bekalan makanan - menjurus kepada cabaran pengurusan pertanian yang meliputi peringkat penyediaan benih, penanaman dan pemasaran.

Kejayaan sifar kelaparan ditariffkan apabila kita berjaya penduduk dunia mengalami kekurangan zat sebagai contoh menamatkan krisis kelaparan dan kekurangan zat makanan menjelang serta memastikan semua orang terutama golongan kanak-kanak untuk mempunyai makanan yang cukup dan berkhasiat sepanjang tahun. Pelan tindakan yang perlu dilaksanakan adalah dengan mempromosi pertanian lestari, menyokong usaha petani dan memastikan akses terbuka untuk semua pihak ke atas tanah, teknologi dan pasaran. Langkah ini juga memerlukan kerjasama antarabangsa bagi memastikan pelaburan untuk infrastruktur dan teknologi bagi membantu meningkatkan produktiviti pertanian.

Menjelang tahun 2030, krisis kelaparan bakal berakhir di seluruh dunia, terutamanya bagi golongan miskin dan bermatlamat supaya keperluan makanan yang selamat, berkhasiat dan mencukupi sepanjang tahun. Berikut merupakan tujuh sasaran yang perlu dicapai bagi merealisasikan matlamat ini:



Menjelang tahun 2030, menamatkan masalah kelaparan dan memastikan semua orang terutama golongan miskin dan mereka yang kurang bernasib baik mempunyai akses kepada makanan selamat, berkhasiat dan mencukupi sepanjang tahun.



Menjelang tahun 2030, menamatkan masalah kekurangan zat makanan. Negara-negara dunia telah bersetuju menetapkan pada tahun 2025, untuk menangani masalah tumbesaran kanak-kanak umur lima tahun ke bawah dan masalah kekurangan nutrisi dalam kalangan remaja perempuan, wanita hamil, ibu yang menyusukan anak dan orang tua.



Menjelang tahun 2030, meningkatkan produktiviti pertanian sebanyak dua kali ganda dan menggandakan pendapatan pengeluar makanan berskala kecil, khususnya wanita, orang asli, keluarga petani, nelayan. Ini termasuk menyediakan akses yang selamat dan sama rata ke atas tanah, sumber dan sumber produktif yang lain, pengetahuan, perkhidmatan kewangan, pasaran dan peluang untuk penambahan nilai dan pekerjaan bukan bidang perladangan.



Menjelang tahun 2030, memastikan sistem pengeluaran makanan yang mampan dan mampu berdayasaing bagi mengekalkan ekosistem dan dapat membuat penyesuaian dengan perubahan iklim, cuaca yang melampau, kemarau, banjir dan bencana lain.



Menjelang tahun 2020, mengekalkan kepelbagaian genetik benih, pembiakan tanaman dan tumbuhan dan haiwan ternakan; termasuk melalui bank benih dan tumbuhan yang diurus dengan baik di peringkat tempatan, serantau dan antarabangsa. Ia turut mempromosikan penyediaan akses dan adil serta saksama dalam perkongsian faedah, hasil daripada penggunaan sumber genetik dan pengetahuan tradisional yang telah dipersetujui di peringkat antarabangsa.



Meningkatkan pelaburan, termasuk melalui peningkatan kerjasama antarabangsa dalam penyediaan infrastruktur luar bandar, penyelidikan pertanian dan perkhidmatan eksport, pembangunan teknologi dan ternakan bagi meningkatkan keupayaan produktif pertanian, khususnya di negara membangun.



Membetulkan dan menghalang sekatan perdagangan dan gangguan dalam pasaran pertanian dunia, termasuk melalui penghapusan semua bentuk subsidi eksport pertanian dan semua langkah eksport dengan kesan setara, selaras dengan mandat Pusingan Pembangunan Doha.



Menerima pakai dan memastikan pasaran komoditi makanan tersedia bagi memudahkan penyediaan akses maklumat pasaran yang tepat pada masa termasuk pembangunan rizab makanan, yang seterusnya dapat membantu mengatasi masalah turun naik harga makanan yang melampau.



Bekalan Makanan Mapan dengan Penghasilan Varieti Baharu Tanaman Menggunakan Teknologi Nuklear

Zaiton Ahmad, PhD. Sobri Hussein, PhD. dan Norazlina Noordin

Peningkatan jumlah penduduk dunia bermakna peningkatan ke atas permintaan bekalan makanan. Ketika ini mengikut perangkaan Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu, penduduk dunia meningkat pada kadar sekitar 1% atau 81 juta orang setahun. Pada tahun 2020 jumlah penduduk dunia adalah sekitar 7.8 billion dan dianggarkan akan meningkat sehingga 9.7 billion pada 2050. Dengan keluasan tanah untuk aktiviti pertanian semakin mengecil akibat persaingan dengan perindustrian dan perumahan, ditambah lagi dengan perubahan iklim dunia yang tidak menentu, masalah kekurangan bekalan makanan akan menjadi semakin meruncing di tahun-tahun mendatang, terutamanya di negara-negara miskin.

Malaysia adalah negara pengimport makanan dan bahan mentah makanan. Nilai import makanan meningkat setiap tahun pada kadar sekitar 6.5% dari RM30 bilion pada tahun 2010 kepada RM50 bilion dalam tahun 2018. Dari sudut jaminan bekalan makanan, keadaan ini sebenarnya sedikit mengusarkan kerana kita agak mudah terjejas dan terdedah kepada potensi ketidakcukupan bekalan makanan sekiranya berlaku pekara-pekerja yang tidak dijangka. Bagi beras yang merupakan makanan rugi penduduk Malaysia, kadar kecukupan makanan atau *self-sufficiency level* (SSL) ketika ini hanya pada kadar sekitar 70% manakala SSL bagi daging tempatan ialah sekitar 23%. Dengan perubahan iklim dunia, tanaman terdedah pada persekitaran ekstrim dan patogen baharu tanaman mungkin wujud dan sukar dikawal, menyebabkan pengeluaran hasil tanaman dijangka terus berkurangan.



Pokok pisang yang dijangkiti penyakit layu *Fusarium* menyebabkan pokok mati dan kerugian teruk kepada penanam

Dalam menangani masalah pengurangan hasil tanaman disebabkan oleh pelbagai faktor yang tidak dapat dielakkan serta peningkatan berterusan terhadap bekalan makanan, maka teknologi pembaikbakaan, penanaman dan pengeluaran tanaman harus lebih efisien untuk menghasilkan tanaman berkualiti dengan hasil yang tinggi. Biak baka mutasi adalah salah satu kaedah yang telah dikenalpasti sangat efisien dalam menghasilkan varieti baharu tanaman yang mempunyai ciri-ciri tanaman yang baik seperti hasil tinggi, bernutrisi serta toleran kepada penyakit, serangga perosak dan persekitaran melampau. Biak baka mutasi merujuk kepada penggunaan mutagen (sama ada kimia atau fizikal) untuk mengaruh mutasi genetik pada sesuatu organisma. Kaedah ini telah digunakan untuk menghasilkan pelbagai varieti baharu tanaman sejak tahun 1950an dan sehingga 2020 sebanyak 3,320 varieti baharu telah berjaya dihasilkan di seluruh dunia. Dari jumlah ini, sebanyak 2,240 varieti atau sekitar 67% adalah dari kategori tanaman makanan (www.mvd.iaea.org).



Salah satu varieti baharu sorghum yang dinamakan “Pahat” yang tahan kepada kemarau, cepat matang dan hasil tinggi, dihasilkan oleh penyelidik di Indonesia

Di Malaysia, penyelidikan biak baka mutasi yang dipelopori oleh Nuklear Malaysia telah mula dijalankan sejak tahun 1980-an dengan kerjasama pelbagai agensi awam dan swasta tempatan seperti MARDI, UPM, UKM, UM, UiTM, Jabatan Pertanian, Jabatan Landskap Negara serta agensi luar seperti Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA), Agensi Tenaga Atom Jepun (JAEA) dan lain-lain. Sehingga kini, mengikut kiraan terdapat 37 varieti baharu tanaman daripada tanaman makanan sehingga tanaman hiasan telah berjaya dihasilkan di Malaysia. Varieti terawal yang berjaya dihasilkan adalah varieti baharu padi yang dinamakan padi “Tongkat Ali” yang membawa ciri hasil yang tinggi, tegap dan tidak mudah rebah dan toleran terhadap penyakit. Ini diikuti dengan beberapa varieti baharu lain seperti kacang tanah yang dinamakan KARISMA Sweet dan KARISMA Serene yang mempunyai ciri hasil tinggi serta berupaya mengikat nitrogen dengan berkesan dan pisang NOVARIA yang berbuah lebih cepat dan menghasilkan buah yang lebih banyak.



Kacang tanah KARISMA Sweet (kiri) dan KARISMA Serene (kanan)



Padi “Tongkat Ali” varieti baharu pertama dihasilkan di Malaysia pada tahun 1984 melalui teknologi biak baka mutasi

Antara pencapaian terbaik kajian biak baka mutasi di Malaysia ialah penghasilan varieti baharu padi, NMR151 dan NMR 152 yang mempunyai ciri-ciri agronomi yang sangat diperlukan dalam industri padi negara. Penyelidikan projek padi melalui teknik biak baka mutasi di Nuklear Malaysia telah dimulakan sejak tahun 2006. Hasil penyelidikan selama lebih 10 tahun telah berjaya menghasilkan beberapa varieti baharu padi yang mempunyai nilai tambah yang tinggi. Varieti NMR 152 dan NMR 151 telah berjaya didaftarkan di bawah Akta Perlindungan Varieti Baru Tumbuhan 2004 di bawah Jabatan Pertanian. Manakala 10 lagi varieti baharu masih dalam proses penilaian DUS (Keunikan/*Distinctness*, Keseragaman/*Uniformity* & Kestabilan/*Stability*). Di samping penggunaan sinaran gama, Nuklear Malaysia juga berkerjasama dengan JAEA dan QST (*National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology*) untuk penyinaran biji benih padi menggunakan alur ion.



Varieti baharu padi NMR152 yang dihasilkan dari teknologi biak baka mutasi menggunakan sinaran gama

Selain padi, kajian biak baka mutasi juga sedang dijalankan untuk menghasilkan varieti baharu pisang dan nanas yang tahan kepada penyakit. Pisang adalah antara komoditi yang banyak memberikan sumbangan dalam bidang ekonomi khususnya bagi sub-sektor tanaman makanan di Malaysia. Pengeluaran pisang meliputi sekitar 26.4% dari jumlah keseluruhan pengeluaran tanaman buah-buahan di Malaysia pada tahun 2017 dengan jumlah pengeluaran sebanyak 350,492.6 tan metrik. Dianggarkan 50% daripada keluasan penanaman pisang negara ditanam dengan varieti pisang berangan dan *Cavendish*.

Masalah utama tanaman pisang di Malaysia dan di beberapa negara di dunia sejak beberapa tahun kebelakangan ini ialah ancaman penyakit. Pengeluaran hasil dan keluasan penanaman pisang semakin berkurangan disebabkan oleh pelbagai ancaman biotik dan abiotik seperti serangan penyakit yang sangat menjejaskan kawasan penanaman, selain faktor ketidaksuburan tanah, dan perubahan iklim. Keadaan ini mengakibatkan penurunan hasil pengeluaran pisang dan sekaligus meningkatkan harga pisang di pasaran. Menyedari masalah ini, Nuklear Malaysia telah memulakan usaha untuk menghasilkan varieti baharu pisang yang tahan kepada penyakit layu *Fusarium*. Kajian ini yang dibiayai oleh IAEA melalui program *Coordinated Research Project* (CRP) mensasarkan untuk mendapatkan teknik penyaringan penyakit *Fusarium* yang efisien dan seterusnya menghasilkan varieti baharu yang toleran kepada kulat ini. Ketika ini, kajian penyaringan di peringkat ladang sedang dijalankan untuk mengenalpasti pokok yang toleran kepada penyakit ini.



Kulat *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) Tropical race 4 (TR4) adalah patogen utama penyakit pokok pisang di Malaysia dan beberapa negara lain



Penyelidik Nuklear Malaysia sedang menjalankan kajian penyaringan pokok pisang terhadap penyakit layu *Fusarium* di ladang

Bagi nanas pula, ketika ini Nuklear Malaysia sedang berkerjasama dengan Kulim (Malaysia) Berhad, Johor, untuk menghasilkan anak benih nanas varieti MD2 yang tahan kepada penyakit reput teras. Penyakit reput teras ini disebabkan oleh bakteria atau kulat adalah penyakit utama yang menyerang pokok nanas dan boleh menyebabkan sehingga 40% kemerosotan hasil pengeluaran. Ketika ini, kajian masih di peringkat awal, tetapi populasi anak benih yang disinarkan dengan sinaran gama pada dos 50, 60 dan 70 Gy telah berjaya dihasilkan. Anak benih tersinar ini akan disaring di rumah teduhan dahulu untuk memilih pokok yang toleran kepada penyakit sebelum penyaringan selanjutnya di ladang.



Penyelidik Nuklear Malaysia menjalankan kajian biak baka mutasi untuk menghasilkan pokok nanas MD2 tahan kepada penyakit reput teras

Bagi industri ternakan di Malaysia pula, antara masalah utama yang dihadapi ialah kos makanan haiwan yang tinggi kerana kebanyakan bahan mentah adalah diimport dari negara luar. Menyedari keperluan menghasilkan tanaman yang berkualiti untuk pengeluaran makanan haiwan ternakan yang bermutu, kajian kini sedang giat dijalankan untuk membangunkan varieti baharu rumput Napier yang tinggi kandungan biomas dan protein melalui teknik biak baka mutasi. Kajian ini adalah kerjasama Nuklear Malaysia dan MARDI di bawah Program Kerjasama Teknikal IAEA yang telah bermula pada akhir tahun 2018. Projek ini akan dapat memberi banyak manfaat kepada industri ternakan di Malaysia.



Kajian penghasilan varieti baharu rumput Napier yang sesuai untuk pengeluaran makanan haiwan ternakan



Hasil kajian penghasilan varieti baharu rumput Napier dapat membantu meningkatkan produktiviti industri makanan haiwan ternakan di Malaysia

Butiran tanaman makanan dan rumput ternakan yang telah dihasilkan melalui teknologi biak baka mutasi

Nama saintifik	Sampel penyinaran	Mutagen	Nama varieti baharu	Tahun	Ciri-ciri
<i>Oryza sativa</i> (Padi)	Biji benih	Sinaran gama	Tongkat Ali (MA 03)	1989	Hasil tinggi, rumpun tegak dan tidak mudah tumbang
<i>Musa acuminata</i> (Pisang)	Meristem	Sinaran gama	Novaria	1995	Berbuah cepat dan lebat, pokok rendah, tekstur yang baik dan rasa buah yang sedap
<i>Arachis hypogaea</i> (Kacang tanah)	Biji benih	Sinaran gama	KARISMA Sweet	2002	Hasil tinggi, tahan kepada penyakit tompok daun <i>Cercospora</i> , rasa manis, jumlah biji benih yang seragam
<i>Arachis hypogaea</i> (Kacang tanah)	Biji benih	Sinaran gama	KARISMA Serene	2002	Keupayaan mengikat nitrogen lebih tinggi, tahan kepada penyakit tompok daun <i>Cercospora</i> , jumlah biji benih yang seragam
<i>Brachiaria decumbens</i> (Rumput)	Biji benih	Sinaran gama	KLUANG Comel	2003	Pokok rimbun dan tegak, daun hijau gelap, nilai nutrisi tinggi untuk haiwan ternakan.
<i>Oryza sativa</i> (Padi)	Biji benih	Sinaran gama	MRQ 74	2003	Hasil tinggi, tahan kepada penyakit karah, beras wangi, panjang, kualiti yang baik selepas dimasak.
<i>Oryza sativa</i> (Padi)	Biji benih	Sinaran gama	NMR 151	2015	Hasil tinggi, tahan penyakit karah, boleh tumbuh dalam keadaan air masin.
<i>Oryza sativa</i> (Padi)	Biji benih	Sinaran gama	NMR 152	2015	Hasil tinggi, tahan penyakit karah, boleh hidup dalam keadaan air minimum.

Kemudahan Penyinaran Gama Akut dan Kronik bagi Penghasilan Varieti Baharu Tanaman

Affrida Abu Hassan dan Zaiton Ahmad, PhD.

Bagi membantu menjayakan kajian penghasilan varieti baharu tanaman, beberapa kemudahan penyinaran telah dibangunkan dan dibuka penggunaannya kepada semua penyelidik dalam dan luar negara. Ramai penyelidik, pelajar dan pelatih telah menggunakan kemudahan ini bagi tujuan kajian penyelidikan dan latihan dalam bidang biak baka mutasi tanaman.



Rumah Hijau Gama

Rumah Hijau Gama atau Gamma Greenhouse (GGH) adalah kemudahan penyinaran gama kronik yang dibangunkan bawah RMK9 terletak di Kompleks Jalan Dengkil, Nuklear Malaysia. Kemudahan ini digunakan untuk mengaruh mutasi ke atas tumbuh-tumbuhan dan sampel biologi lain pada dos rendah dalam tempoh masa yang panjang bergantung kepada jenis dan kepekaan spesis tersebut terhadap sinaran. GGH adalah satu-satunya kemudahan penyinaran gama kronik berkonsepkan rumah hijau di Malaysia dan dunia.

GGH yang terdiri daripada rumah hijau dengan keluasan 15 meter radius, mempunyai bilik kawalan dan punca sinaran dilengkapi dengan sistem *interlock*. Punca sinaran menghasilkan sinaran gama pada dos rendah dari sumber radioaktif Caesium-137. Sampel biologi boleh disinari selama beberapa hari, minggu, bulan ataupun tahun. Kadar dos penyinaran semasa bagi GGH ialah 2.7×10^5 (5%) mR / jam atau 2.67 Gy / jam pada jarak satu meter dari sumber. Terdapat 15 garis bulatan atau *isodose* bagi

menempatkan sampel. GGH beroperasi setiap hari selama 16 jam dari jam 8 pagi sehingga 12 tengah malam. Penggunaan GGH terbuka kepada penyelidik, saintis, pelajar, pembiakbaka tumbuhan sama ada dari universiti atau institut penyelidikan melalui projek kerjasama.

Rumah Hijau Gama telah ditauliahkan oleh IAEA sebagai *IAEA Collaborating Centre* (ICC) bagi tempoh 2019 sehingga 2023. Sebagai ICC, GGH memainkan peranan membantu IAEA melaksanakan aktiviti penyelidikan, pembangunan dan latihan untuk aplikasi sains nuklear dalam biologi dan pertanian. Pengiktirafan GGH sebagai ICC dapat dimanfaatkan oleh penyelidik dan institusi di rantau ini bagi meningkatkan kemahiran dan pengetahuan dalam biak baka mutasi tumbuhan menggunakan penyinaran gama kronik.





Kawasan penyinaran dalam GGH di mana tanaman diletakkan di dalam pasu pada garisan isodose

Rumah Hijau Gama menerima pengiktirafan daripada IAEA sebagai ICC untuk penyelidikan, latihan dan pembangunan dalam biak baka mutasi tanaman menggunakan sinaran gama kronik



Pelatih dalam dan luar negara menggunakan kemudahan Rumah Hijau Gama untuk kajian dan latihan

Kebuk Penyinaran Gama **BioBeam GM8000**

Affrida Abu Hassan dan Zaiton Ahmad, PhD.

Kebuk penyinaran gama *BioBeam GM8000* mula beroperasi sepenuhnya pada 13 Disember 2012. Spesifikasi alat ini telah disesuaikan untuk penyinaran akut sampel biologi termasuk sampel tumbuhan, mikroorganisma, serangga, sel haiwan serta manusia. Bagi kajian biak baka mutasi, penyinaran boleh dibuat ke atas pelbagai sampel tanaman seperti keratan batang, biji benih, bebawang, rizom dan kultur tisu.

Unit kebuk gama ini mengandungi dua punca sinaran Caesium-137, masing-masing berkekuatan 2,180Ci dan 2,200Ci dengan keseluruhannya sejumlah 4,380Ci. Kebuk gama ini dilengkapi dengan perisai dan sistem keselamatan *interlock* bagi memastikan keselamatan dan sekuriti terjamin. Alat ini juga turut dilengkapi dengan sistem kawalan penyinaran seperti sistem pendedahan punca dan posisi penyimpanan selamat serta sistem pengawalan punca dan perisian. Ruang penyinaran boleh memuatkan dua bika aluminium berdiameter 190 milimeter (bika BB75-4) dan 94 milimeter (bika BB13-5).



Kebuk penyinaran gama akut BioBeam GM8000



Bikar yang digunakan bagi meletakkan sampel untuk penyinaran

Khidmat penyinaran dibuka kepada penyelidik dalam dan luar Nuklear Malaysia sama ada dari institusi penyelidikan atau universiti dan juga syarikat dan orang perseorangan yang berminat. Selain dari penyelidik tempatan, khidmat penyinaran juga diberikan kepada penyelidik dari negara luar di bawah program kerjasama IAEA seperti Laos, Bangladesh, Uganda dan Togo. Antara tanaman yang pernah disinarkan adalah padi, kenaf, rumput ternakan, stevia, orkid, cendawan, heliconia, nanas, pisang, keledek, cili, ubi kayu, bunga raya, dan pelbagai tanaman hiasan lain.



Antara sampel tanaman yang disinarkan menggunakan kebuk Biobeam GM8000; keratan batang (kiri), bebawang (tengah) dan kultur tisú (kanan)

Varieti Baharu Padi, **NMR 151 & 152** *Meningkatkan Hasil* *Padi Tempatan*

Sobri Hussein, PhD. dan Normazlin Ismail

Pertanian merupakan salah satu penyumbang utama kepada bekalan makanan di seluruh dunia. Pertanian yang lestari akan memastikan keselamatan dan jaminan bekalan makanan berterusan bagi menyelesaikan masalah kekurangan zat dan kebuluran di peringkat global. Bagi negara-negara membangun pula, pertanian merupakan salah satu sumber ekonomi utama. Oleh yang demikian, pelbagai penyelidikan dan teknologi dihasilkan bagi menyelesaikan masalah-masalah yang mengancam hasil pertanian seperti serangan serangga perosak dan penyakit, perubahan cuaca dan kesuburan tanah.

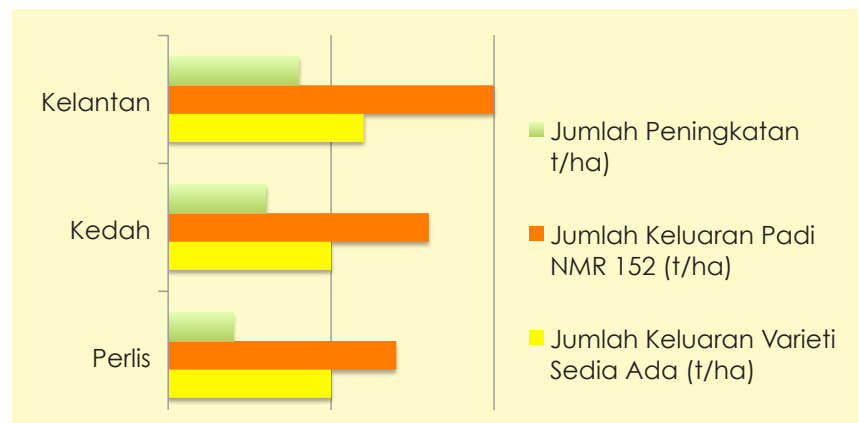




Teknologi nuklear turut bermanfaat untuk mengatasi masalah yang dihadapi dalam pertanian. Salah satunya adalah menggunakan teknik biak baka mutasi bagi menghasilkan varieti baharu tanaman yang rintang penyakit, cuaca dan serangga seterusnya mengeluarkan hasil yang lebih berkualiti dan banyak. Projek penyelidikan varieti baharu padi di Nuklear Malaysia telah dimulakan sejak tahun 2006 dan dibiayai oleh beberapa dana penyelidikan bermula dengan dana *Intensification of Research in Priority Areas (IRPA) Science Fund*, *MOSTI Social Innovation Fund (MSI)*, IAEA dan FRGS. Penyelidikan selama lebih 10 tahun telah berjaya menghasilkan beberapa varieti baharu padi yang mempunyai nilai tambah yang tinggi seperti varieti padi NMR 152 dan NMR 151 yang telah berjaya didaftarkan di bawah Akta Perlindungan Varieti Baharu Tumbuhan 2004, manakala 10 lagi varieti baharu masih dalam proses penilaian DUS (Keunikan/*Distinctness*, Keseragaman/*Uniformity* & Kestabilan/*Stability*).

Oleh kerana varieti padi ini mendapat permintaan yang sangat tinggi dalam kalangan petani, maka Nuklear Malaysia telah mengambil langkah proaktif dengan menjalin kerjasama penyelidikan dan pengkomersialan dengan salah sebuah syarikat pengeluar padi negara iaitu Syarikat Haji MD. Nor Bin Haji Abd Rahman (M) Sdn. Bhd. bagi membolehkan hasil penyelidikan dikomersialkan mengikut garis panduan yang ditetapkan oleh kerajaan Malaysia.

Data yang diperolehi dari kajian LVT (*Local Verification Trial*) telah mendapati bahawa varieti baharu padi NMR 152 telah memberikan hasil yang tinggi berbanding dengan kadar purata hasil padi kawasan tanamannya.



(Rujukan : Perangkaan Agromakanan;
Agrofood Statistics 2018, m/s 19, DOA)

Nuklear Malaysia turut bekerjasama dengan pelbagai agensi lain termasuk MARDI, Jabatan Pertanian dan UiTM Kuala Pilah untuk kajian penyakit yang menjadi ancaman kepada tanaman padi. Hasil kajian bersama ini telah mendapati bahawa



varieti baharu padi ini mampu bertahan dari serangan beberapa penyakit padi seperti penyakit Karah yang disebabkan oleh *Pyricularia Oryzae* Cav. Hasil analisis dari makmal penyelidikan MARDI telah mendapati bahawa NMR152 berjaya mendapat skala 3-4 (*Moderately Resistant*) berbanding dengan kawalan yang memperoleh skala 5.5 (*Moderately Susceptible*). Hasil kajian dengan pihak UiTM pula telah mendapati padi NMR152 adalah rintang kepada penyakit Hawar Daun Bakteria (BLB). Data skala penyakit yang ditunjukkan oleh NMR 152 ialah dalam kategori 1-5 (*Resistant*). Lain-lain data penyakit adalah seperti berikut:

Cerapan Penyakit Hawar Daun Bakteria di Lima Lokasi Plot LVT

Bil	Lokasi	Skala
1	Sekinchin, Selangor	0
2	Teluk Intan, Perak	0
3	Jenun, Kedah	0
4	Changlun, Kedah	0
5	Pasir Puteh, Kelantan	0

Pemerhatian penyakit dilakukan oleh Pegawai Bahagian Perkhidmatan Makmal, Jabatan Pertanian, Norainy Hashim. Pengambilan data pada umur pokok 60—70 hari

Cerapan Terhadap Serangan Bena Perang di Lima Lokasi Plot LVT

Bil	Lokasi	Skala
1	Sekinchin, Selangor	0
2	Teluk Intan, Perak	0
3	Jenun, Kedah	0
4	Changlun, Kedah	0
5	Pasir Puteh, Kelantan	0

Pemerhatian penyakit dilakukan oleh Pegawai Bahagian Perkhidmatan Makmal, Jabatan Pertanian, Norainy Hashim. Pengambilan data pada umur pokok 60—70 hari.

Ciri-ciri morfologi dan agronomi padi NMR152

1. Tempoh matang bagi padi ini ialah diantara 100 hingga 110 hari.
2. Masa yang diambil untuk berbunga ialah selama 82 hari (data selepas 50% pokok berbunga).
3. Tinggi kulmanya pula ialah 82 cm dengan panjang tangkai 30 cm.
4. Padi ini juga mampu menghasilkan 17 tangkai per pokok.
5. Secara purata berat bagi seribu biji ialah 31.1g.

Ciri-ciri Fizikal dan Fisikokimia Beras NMR 152

1. Amilosa (20.3%)
2. Kandungan Air (8.6 %)
3. pH 6.67
4. Darjah keputihan 60.26%
5. Panjang beras 7.14 mm
6. Lebar beras 1.95 mm.

Amalan Pertanian Lestari Melalui Penggunaan BIOBAJA



Nur Humaira' Lau Abdullah dan Phua Choo Kwai Hoe, PhD.

Pertanian lestari adalah salah satu aspek penting untuk mencapai sasaran pembangunan lestari. Melalui pertanian lestari, kecekapan pengeluaran yang tinggi pada sumber yang terhad dapat dicapai di samping penggunaan sumber yang meminimumkan gangguan kepada alam sekitar. Isu-isu yang melibatkan kerosakan dan kemerosotan alam sekitar kesan daripada aktiviti pertanian seperti penggunaan baja kimia dan kawalan perosak kimia serta penyahutanan hangat diperkatakan. Pertanian lestari merupakan penyelesaian terbaik untuk menjamin bekalan makanan yang selamat serta melindungi alam sekitar untuk generasi masa kini dan masa akan datang.

Pihak kerajaan Malaysia juga telah mengembleng usaha ke arah mempromosi serta menguatkuasakan pertanian lestari melalui penerbitan *Malaysian Standard in Good Agriculture Practice* pada tahun 2005 yang dilaksanakan oleh Jabatan Pertanian. Merujuk kepada *Malaysian Standard* ini, pihak Jabatan Pertanian mengambil langkah positif dalam mengurangkan kebergantungan kepada input baja kimia bagi pengeluaran hasil tanaman dengan memperkenalkan Sistem Amalan Integrasi Pertanian, Sistem Amalan Pertanian Baik (GAP) dan Kebun Organik.

Penyelidikan dan Pembangunan Biobaja di Agensi Nuklear Malaysia

Para penyelidik di Agensi Nuklear Malaysia turut mengambil langkah proaktif untuk menyokong pertanian lestari melalui penyelidikan dan pembangunan biobaja sejak tahun 2002 di bawah inisiatif *Forum for Nuclear Cooperation in Asia* (FNCA). Hasil kajian di ladang menunjukkan biobaja boleh mengurangkan kebergantungan petani kepada baja kimia serta meningkatkan hasil tanaman.

Apa itu Biobaja?

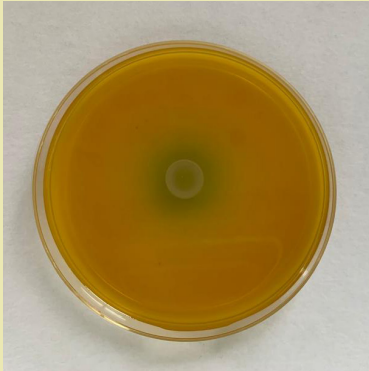
Biobaja merupakan bahan yang mengandungi mikroorganisma hidup yang boleh menggalakkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan ketersediaan nutrien utama kepada tanaman.

Fungsi Mikrob Biobaja

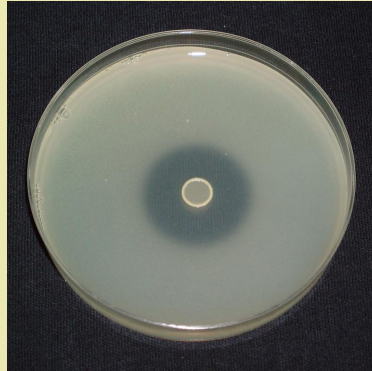
Mikrob biobaja dapat menggalakkan kadar pertumbuhan dan hasil tanaman melalui aktiviti pengikatan nitrogen (N), penguraian fosfat (P) serta kalium (K) dan penghasilan hormon penggalak pertumbuhan. Nitrogen dari atmosfera tidak boleh diambil terus oleh tanaman. Mikrob biobaja yang hidup di dalam tanah boleh menukarkan nitrogen tersebut menjadi sebatian nitrat iaitu bentuk yang boleh diserap oleh tanaman. Fosfat dan kalium pula wujud dalam bentuk terikat dalam tanah dan sukar diserap oleh akar tanaman. Mikrob biobaja berupaya menguraikannya ke dalam bentuk yang boleh diserap oleh tanaman. Sesetengah mikrob biobaja

pula berupaya menghasilkan hormon penggalak pertumbuhan yang berupaya merangsang pertumbuhan tanaman. Kebanyakan biobaja yang dibangunkan di Nuklear Malaysia merupakan bakteria dengan pelbagai fungsi.

Fungsi Mikrob Biobaja



Pengikat nitrogen



Pengurai fosfat



Pengurai kalium



Penggalak pertumbuhan

Kebaikan Biobaja

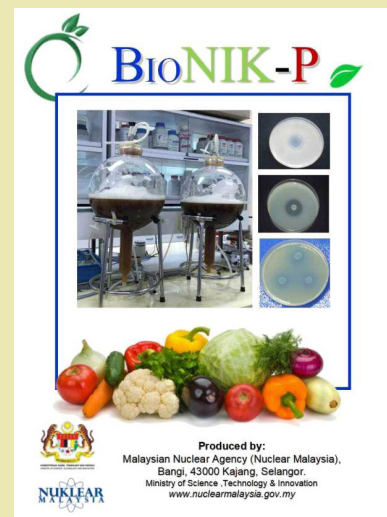
- 1) Meningkatkan ketersediaan nutrien makro (N, P dan K) untuk kegunaan tanaman
- 2) Menyokong pertumbuhan tanaman
- 3) Mewujudkan rhizosfera yang sihat
- 4) Memelihara kesihatan tanah
- 5) Mesra alam dan mudah digunakan
- 6) Sesuai untuk pertanian organik

Impak Menggunakan Biobaja

- 1) Mengurangkan kebergantungan kepada baja kimia yang agak mahal dan boleh mencemarkan alam
- 2) Mengurangkan kos operasi
- 3) Meningkatkan hasil tanaman dan pendapatan petani
- 4) Menyokong amalan pertanian lestari

Mutagenesis Sinaran Gama - Penambahbaikan Fungsi Mikrob Biobaja

Mutagenesis sinaran gama digunakan untuk menambahbaik fungsi mikrob biobaja. Dengan dos 200 Gy, fungsi mikrob pengikatan nitrogen, pengurai fosfat dan pengurai kalium dipertingkatkan. Peningkatan fungsi mikrob biobaja ini boleh meningkatkan lagi pengurangan penggunaan baja kimia. BioNIK-P merupakan satu-satunya produk biobaja Nuklear Malaysia yang dihasilkan dengan mutagenesis sinaran gama.



Produk biobaja dihasilkan dengan mutagenesis sinaran gama

Sinaran Gama - Pensterilan Pembawa Mikrob Biobaja

Bagi penghasilan biobaja pepejal, bahan pembawa seperti kompos, peat, tanah dan sebagainya diperlukan sebagai perumah kepada mikrob biobaja. Sebelum bahan pembawa boleh diinokulasi dengan mikrob biobaja, ianya perlu disterilkan terlebih dahulu. Ini bertujuan untuk memelihara kuantiti bakteria biobaja yang tinggi dalam pembawa untuk tempoh penyimpanan yang panjang. Sinaran gama 50 kGy digunakan untuk pensterilan pembawa untuk menghasilkan pembawa yang bebas mikrob dalam masa yang singkat.



Bacillus megaterium



Multifunctional Biofert PG & PA

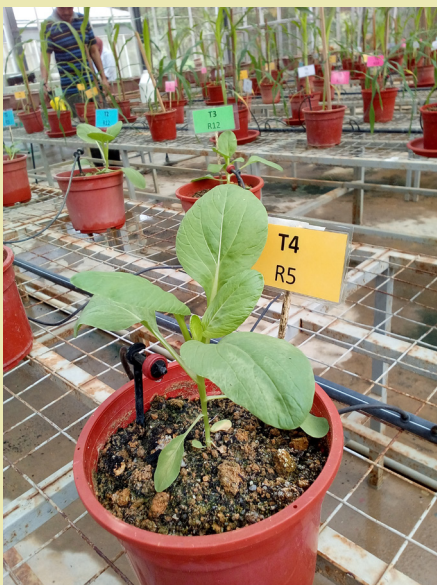
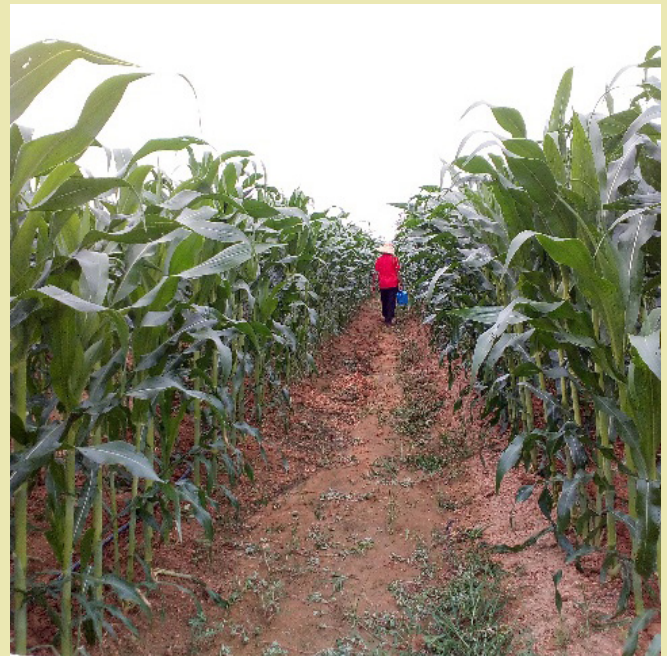


MF-BioPellet

Produk-produk biobaja yang menggunakan sinaran gama untuk pensterilan pembawa

Penyurih Isotop Nitrogen-15 - Kajian Pengambilan Nutrisi Nitrogen

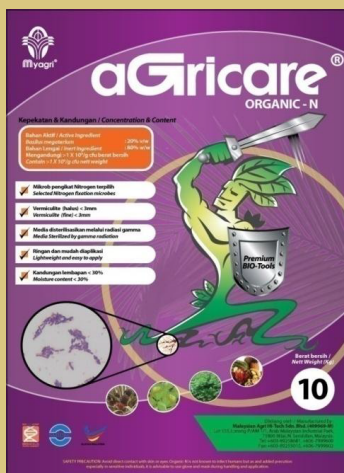
Isotop stabil nitrogen, nitrogen-15 boleh digunakan dengan efektif sebagai penyurih untuk menentukan dengan tepat pengambilan nutrisi nitrogen oleh tanaman. Teknik ini boleh menentukan secara kuantitatif sumbangan kandungan nutrisi nitrogen daripada tanah, baja kimia atau pengikat nitrogen biobaja. Pelbagai produk biobaja (Bioliqfert, GoGrow BioNPK Biobaja, Biobaja M99) dan tanaman (kubis Cina, padi, jagung, kenaf) telah dikaji sama ada di rumah hijau atau di ladang.



Kajian pengambilan nutrisi nitrogen oleh tanaman menggunakan teknik penyurih isotop stabil N-15

Pengkomersialan - Dari Makmal Ke Ladang

Terdapat beberapa produk R&D biobaja Nuklear Malaysia yang telah dan sedang dikomersialkan. Kebanyakan produk ini dikomersialkan melalui pemindahan teknologi kepada syarikat yang berpotensi. Semoga hasil R&D ini berjaya ke pasaran dan seterusnya digunakan oleh petani di ladang ke arah menyokong pertanian lestari melalui pengurangan penggunaan baja kimia serta pemeliharaan kesihatan tanah pertanian.



Bacillus megaterium

Dikomersialkan oleh Malaysian Agri
Hi-Tech Sdn. Bhd. (MYAGRI) pada 2009



Bioliquifert

Dikomersialkan oleh Peat Organic Sdn.
Bhd. pada 2017



GoGrow BioNPK Biobaja

Akan dikomersialkan pada 2020



Biobaja M99

Akan dikomersialkan pada 2020

Teknik Serangga Steril (SIT) Melawan Serangga Perosak

Ahmad Zainuri Mohamad Dzomir, PhD.



Salah satu daripada masalah yang mengancam aktiviti pertanian adalah serangan serangga perosak. Secara konvensional, petani menggunakan racun serangga perosak bagi mengatasi masalah ini. Walau bagaimanapun, penggunaan racun secara berterusan mengakibatkan pencemaran alam sekitar dan air. Timbul juga persoalan sama ada hasil tanaman ini selamat untuk dimakan lantaran penggunaan racun ini. Kini, terdapat kaedah kawalan serangga perosak yang lebih selamat dengan menggunakan serangga steril.

Apakah Serangga Steril?

Serangga steril adalah serangga yang telah diberi rawatan tertentu, bagi mengelakkan ianya membiak atau menghasilkan keturunan seperti serangga liar normal yang lain.

Apakah Teknik Serangga Steril (SIT)?

SIT adalah satu kaedah kawalan perosak dengan cara membebaskan serangga jantan yang steril atau mandul di kawasan terpilih untuk mengurangkan kesuburan populasi spesis yang sama. Dengan kata lainnya, SIT adalah satu bentuk kawalan kelahiran melalui kaedah kawalan biologi. SIT selalunya diaplikasikan sebagai salah satu komponen dalam program pengurusan serangga perosak di mana kepadatan populasi pada awalnya dikurangkan terlebih dahulu dengan kaedah konvensional seperti memusnahkan tempat pembiakan, memasang perangkap, fumigasi dan sebagainya.

Apakah Kaedah yang Digunakan untuk Pemandulan Serangga?

Idea memperkenalkan serangga steril ke dalam populasi liar telah pun bermula sejak tahun 1930an. Waktu itu penyelidik menggunakan kaedah translokasi kromosom untuk merangsang pemandulan separa yang boleh diwariskan dalam lalat domestik dan kumbang bijirin. Kemudian penyelidik lain pula menggunakan teknik pemandulan hibrid ke atas lalat tsetse dengan kacukan



antara spesies yang berlainan. Pada tahun 1950an, kaedah baru dibangunkan oleh ahli sains Amerika Dr. Raymond Bushland & Dr. Edward Knipling terhadap lalat *screwworm* dengan mendedahkan serangga terhadap radiasi. Teori mereka berkaitan memecahkan kitaran hidup perosak dengan mengaruh kerosakan genetik ternyata membuahkan hasil. Kedua-dua saintis telah menerima *World Food Prize* pada tahun 1992 atas kerjasama membangunkan teknik serangga steril yang berjaya merencat dan menghapus ancaman lalat *screwworm* terhadap ternakan lembu di Amerika Syarikat. Lalat *screwworm* telah menyebabkan kerugian kepada industri daging dan susu Amerika yang dianggarkan sebanyak \$200 juta dan larva lalat *screwworm* juga diketahui mampu hidup sebagai parasit dalam badan manusia. Oleh itu Dr. Bushland dan Dr. Knipling diberi penghormatan atas penyelidikan mereka yang telah menyumbang terhadap mengekalkan sumber makanan terutama haiwan ternakan dan seterusnya memastikan kesihatan manusia.

Kesan Sinaran Mengion Terhadap Serangga

Setiap organisma terdiri dari sel-sel somatik dan sel-sel pembiakan termasuk serangga. Sel-sel somatik lebih bersifat radioresistan berbanding sel-sel pembiakan. Sel-sel pembiakan lebih sensitif terhadap radiasi kerana sel-sel pembiakan biasanya akan lebih kerap membahagi dan berubah sepanjang masa sehingga berhenti berubah apabila mencapai bentuk kepada jenis sel yang lebih spesifik. Oleh itu, sel-sel yang mempunyai kadar mitosis yang tinggi dan masa depan mitosis yang panjang seperti sel-sel pembiakan adalah antara sel-sel yang paling radiosensitif. Perubahan dalam DNA sel-sel pembiakan serangga yang diaruhkan oleh radiasi boleh mengakibatkan fisiologi gamet yang tidak sempurna, aspermia, ketidaksuburan, dan bahkan ketidakupayaan mengawan. Pensterilan juga boleh disebabkan oleh pemecahan dalam kromosom sel pembiakan yang menghasilkan mutasi maut dominan, translokasi, penghapusan dan aberasi kromosom lain yang akan membawa kepada penghasilan gamet yang tidak seimbang dan kematian awal zigotik.

Bagaimana SIT Mampu Mengurangkan Populasi Serangga Perosak?

Secara amnya, SIT melibatkan pemeliharaan spesies serangga perosak sasaran secara besar-besaran, mendedahkan serangga kepada sinaran mengion pada dos yang sesuai untuk mengaruh kemandulan seksual dan kemudian melepaskan serangga-serangga steril ke dalam populasi sasaran. Secara semulajadi, serangga steril jantan yang dilepaskan akan mencari pasangan betina liar dan mengawan secara semulajadi. Teknik ini dapat menghalang pembentukan anak baru seterusnya mengurangkan populasi perosak atau dalam kes tertentu mampu menghapuskan secara keseluruhan perosak.

Walau bagaimanapun, kaedah SIT perlu dijalankan dengan perkiraan yang betul dengan menitikberatkan beberapa pertimbangan:

- Pengeluaran serangga jantan dalam jumlah yang mencukupi serta berkualiti tinggi. Antara faktor yang penting sewaktu proses pengeluaran ini adalah pilihan *strain* induk, parameter sewaktu inkubasi, pemakanan serta umur serangga yang akan digunakan untuk langkah seterusnya.
- Proses dedahan terhadap radiasi perlu dibuat dengan dos sesuai bagi memastikan serangga tetap berada dalam keadaan yang sihat setelah iradiasi supaya tetap kompetitif berbanding jantan liar dan seterusnya mampu mengawan dengan betina liar. Dos yang diserap adalah parameter utama untuk kejayaan teknik ini dan kemudahan yang mensterilkan serangga mesti mempunyai sistem dosimetri yang tepat.
- Serangga steril yang dilepaskan mesti meliputi keseluruhan kawasan sasaran dengan mengambilkira data asas populasi di lapangan. Dengan cara ini, serangga steril jantan dilepaskan mengikut nisbah tertentu seperti yang telah dibuat kajian sebelumnya bagi menguji tahap kompetitif serangga untuk mengawan.
- Serangga steril harus dilepaskan apabila populasi liar berada pada musim pembiakan yang paling rendah di alam sekitar atau selepas penurunan bilangan populasi disebabkan oleh keadaan cuaca melampau atau dengan kaedah kawalan lain seperti kempen memusnahkan kawasan pembiakan, pemasangan perangkap, penyemburan racun perosak dan sebagainya. Kepadatan populasi perosak sasaran haruslah pada tahap yang rendah bagi menjadikan SIT lebih ekonomik agar membolehkan pembebasan populasi dominan serangga steril jantan dijalankan dalam jangka waktu yang lama.

Mengapa SIT Penting Dalam Kawalan Serangga?

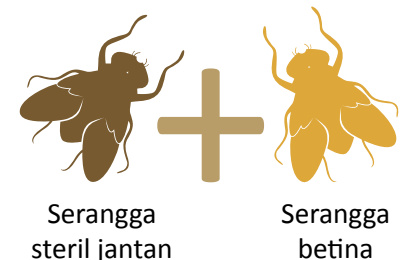
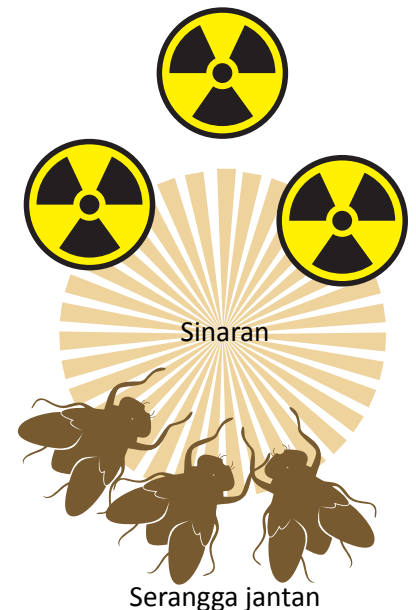
SIT adalah antara kaedah kawalan biologi yang paling mesra alam dan mampan bagi merencat atau penghapusan populasi sasaran yang pernah dibangunkan. Sinaran mengion digunakan untuk mensterilkan serangga yang dipelihara secara massa dalam keadaan mereka masih kompetitif secara seksual tetapi tidak dapat menghasilkan anak. SIT tidak melibatkan proses transgenik (kejuruteraan genetik). Konvensyen Perlindungan Tumbuhan Antarabangsa (IPPC) mengkategorikan serangga steril sebagai organisma bermanfaat. SIT berbeza dari kawalan biologi klasik yang melibatkan pengenalan agen kawalan biologi asing yang bukan asli, dalam beberapa cara:

- Status steril tidak boleh diwarisi dan oleh itu serangga steril tidak dapat membiak dan replikasi di alam sekitar.
- Pemecahan kitaran pembiakan perosak yang juga dikenali sebagai kawalan *autocidal* adalah hanya melibatkan spesies sasaran sahaja.
- SIT tidak memperkenalkan spesies asing bukan asli ke dalam ekosistem dan oleh yang demikian tidak mengganggu keseimbangan ekosistem.

Adakah SIT Berjaya dalam Langkah Kawalan Serangga?

Teknik serangga steril yang pertama kali dibangunkan di Amerika Syarikat ini telah diaplikasikan dengan jayanya selama lebih dari 60 tahun. Teknik ini kini digunakan di enam buah benua. Selama lebih dari lima dekad, SIT telah menjadi subjek utama Program *Joint FAO/IAEA Programme on Nuclear Techniques in Food and Agriculture*. Program ini melibatkan penyelidikan di lapangan untuk memperbaiki teknik sedia ada dan membangunkannya untuk serangga sasaran yang baru serta pemindahan pakej teknologi SIT melalui bantuan teknikal kepada negara anggota melalui projek lapangan. Penggunaan SIT secara besar-besaran telah berjaya merencat, mengurangkan atau menghapuskan serangga sasaran yang utama seperti di bawah:

1. Lalat *Screwworm* (*Cochliomyia hominivorax*) yang menjangkiti haiwan ternakan berdarah panas termasuk manusia di Amerika Syarikat, Mexico, dan Amerika Tengah, Panama dan Libya
2. Lalat buah Mediterranean (*Ceratitis capitata*) yang menjangkiti lebih 250 spesis buah dan sayur berjaya di Argentina, Israel, Sepanyol, Afrika Selatan, Australia, Guatemala, Peru, Amerika Syarikat, Chile dan Mexico.
3. Lalat buah *Anastrepha* (*Anastrepha* spp) termasuk lalat buah Mexico (*A. ludens*) dari California dan Texas, lalat buah Caribbean (*A. suspensa*) di Florida, lalat buah India Barat (*A. obliqua*) di Mexico.
4. Lalat buah *Bactrocera* (*Bactrocera* spp) di Asia Pasifik termasuk lalat buah melon (*B. cucurbitae*) di Okinawa, Jepun, lalat buah Queensland (*B. tyroni*) dihapuskan dari Australia Barat. Lalat buah Oriental (*B. dorsalis*) dan lalat buah guava (*B. correcta*) di Thailand dan *B. philippinensis* di Filipina direncat bagi mengurangkan kehilangan hasil dalam industri penanaman mangga.
5. Ulat rama-rama (*Cydia pomonella*) dalam buah epal dan pear di Kanada, *Thaumatotibia leucotreta* dalam limau di Afrika Selatan, *Pectinophora gossypiella* dalam kapas di Amerika Syarikat dan Mexico, *Teia anartoides* dalam buah epal di New Zealand.
6. Lalat Tsetse (*Glossina* spp.) yang menyebabkan *sleeping sickness* kepada manusia dan trypanomosis kepada lembu di Tanzania
7. Nyamuk aedes (*Aedes albopictus*) atau Asian Tiger mosquito buat pertama kalinya berjaya direncat dengan integrasi SIT bersama teknik *incompatible insect* (IIT) di Guangzhou, China dalam satu kajian pilot pandu selama tahun (2016-2017).



Tiada anak baru

Pengalaman SIT di Malaysia

Satu kajian kebolehlaksanaan menggunakan SIT bagi mengawal serangga perosak *diamond back moth* (*Plutella xylostella*) telah dijalankan di Cameron Highlands pada tahun 1992 sehingga 1995. *Diamond back moth* (DBM) merupakan serangga perosak utama kobis dan telah rintang terhadap racun serangga akibat dari aplikasi racun yang tidak terkawal dalam penanaman sayuran. Kajian mendapati bahawa dos 200 Gy adalah sesuai bagi menghasilkan pemandulan separa DBM. Walau bagaimanapun, nisbah bilangan serangga steril yang diperlukan adalah terlalu banyak bagi menghapuskan sepenuhnya larva serangga perosak dalam masa tiga generasi. Kajian lain yang menggunakan dos 175 Gy juga menemui jalan buntu. Oleh yang demikian didapati SIT adalah tidak ekonomik untuk dijalankan bagi DBM. Ini mungkin disebabkan oleh pendekatan yang diambil sewaktu itu merupakan aruhan steril yang boleh diwarisi dan tidak sama dengan prinsip SIT terkini yang lebih terarah kepada aruhan steril yang tidak diwarisi.

Kajian SIT nyamuk aedes (*A. aegypti*) di Malaysia telah dimulakan pada tahun 2010 dengan menggunakan nyamuk *genetically modified organism* (GMO) melalui penggunaan bahan kimia triglyceride bagi mengawal pembiakan tetapi telah mendapat bantahan ramai pihak. Oleh itu, dua kaedah alternatif SIT untuk pemandulan telah dilaksanakan iaitu penggunaan nyamuk berbakteria *Wolbachia* dan penggunaan nyamuk yang disinarkan dengan sinaran gamma. Kajian pilot menggunakan nyamuk berbakteria *Wolbachia* telah dijalankan bermula tahun 2017 di beberapa kawasan hotspot di Selangor dan menunjukkan penurunan populasi sebanyak 50-80% dimana pelepasan masih terus berjalan dan kemudiannya diperluaskan ke kawasan lain di Selangor. Kuala Lumpur dan Pulau Pinang. Kajian pilot yang melibatkan pelepasan nyamuk tersinar di lapangan bermula tahun 2019. Walaubagaimanapun, kajian makmal menggunakan sinaran mengion

gama telah dimulakan pada tahun 2014 lagi. Kajian awal di makmal mendapati dos 45 – 80 Gy didapati sesuai untuk menyebabkan kemandulan pada pupa nyamuk jantan. Bagi kajian pilot dilapangan pemilihan jurang dos yang lebih kecil diaplikasikan bagi memelihara kualiti nyamuk jantan. Pupa nyamuk jantan didedahkan terhadap sinaran gama dengan dos 45 – 60 Gy. Setelah pupa bertukar kepada nyamuk dewasa kemudian dilepaskan di kawasan sasaran di Melaka dan masih berjalan sehingga kini.

Kajian SIT untuk perencatan lalat buah Oriental di Malaysia adalah masih diperingkat awal dimana hanya baru bermula pada tahun 2019 dan masih dalam peringkat makmal. Keputusan awal kajian makmal mendapati pada dos 100 Gy menunjukkan tiada telur yang menetas setelah betina liar mengawan bersama jantan steril.

Faedah SIT

Di beberapa negara di mana teknologi ini telah digunakan, kajian penilaian ekonomi menunjukkan pulangan pelaburan yang sangat tinggi. Manfaat menggunakan teknologi termasuk pengurangan ketara dalam kehilangan hasil tanaman dan ternakan, perlindungan industri hortikultur dan ternakan melalui pencegahan pengenalan makhluk perosak, menyediakan laluan mudah untuk eksport komoditi ke pasaran bernilai tinggi tanpa sekatan kuarantin, melindungi dan mewujudkan peluang pekerjaan, pengurangan kos pengeluaran dan kos penjagaan kesihatan manusia yang ketara dan perlindungan alam sekitar melalui pengurangan penggunaan racun serangga.



**Teknologi
Penyinaran Makanan:**
Adiwira Bagi
Kelestarian Bekalan
Makanan Dunia

Seri Chempaka Mohd Yusof, PhD.

**Teknologi
Penyinaran Makanan:**
Adiwira Bagi
Kelestarian Bekalan
Makanan Dunia

Seri Chempaka Mohd Yusof, PhD.



Penyinaran makanan adalah satu kaedah rawatan makanan dengan cara menyinar makanan kepada sinaran mengion dengan dos terkawal dalam suatu tempoh tertentu tanpa menjejaskan kualiti makanan tersebut. Kaedah ini boleh menghalang pembiakan mikroorganisma yang menyebabkan kerosakan makanan, seperti bakteria dan kulat dengan mengubah struktur molekul mereka. Selain itu, sinaran ini juga boleh melambatkan tahap kematangan buah-buahan dan sayur-sayuran tertentu dengan mengubahsuai proses fisiologi tisu tumbuhan. Proses sinaran boleh dilakukan secara pukal dan cepat.

Penyinaran makanan merupakan teknik efisien yang digunakan di serata dunia untuk memelihara makanan, memanjangkan jangka hayat makanan serta mengawal patogen bawaan makanan. Struktur kimia makanan yang disinari adalah kurang termodifikasi berbanding makanan yang dipanaskan. Teknik ini juga digunakan untuk mengelakkan penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan disokong oleh *World Health Organization (WHO)*, *Food and Agriculture Organization (FAO)*, *US Food and Drug Administration (FDA)*, *US Department of Agriculture (USDA)*, *American Medical Association*, *American Dietetic Association*, *American Institute of Food Technologists* selain daripada jawatankuasa kesihatan daripada kira-kira 40 buah negara.

Teknik penyinaran makanan mempunyai banyak kelebihan untuk industri pertanian dan hortikultur. Teknologi ini dapat mengurangkan kerugian atau kehilangan pasca tuai yang boleh meningkatkan pengeluaran serta mengawal kualiti dan keselamatan makanan untuk pengguna. Selain itu penggunaan teknologi penyinaran membantu memanjangkan jangka hayat, mengurangkan kerugian kerosakan

makanan dan kawalan penyakit bawaan makanan. Penyinaran boleh menambahkan jangka hayat makanan melalui beberapa cara iaitu:

Penyahinfestasi

Penyinaran dapat memusnahkan serangga yang menyerang produk simpanan seperti bijirin, kacang, kurma dan ikan kering. Masalah utama yang dihadapi dalam pemeliharaan bijirin dan produk bijirin adalah serangan serangga. Kebanyakan makhluk perosak yang membimbangkan, contohnya kumbang, rama-rama, serangga dan lain-lain, merupakan serangga bukan kuarantin, tetapi akan menyebabkan kerosakan besar kepada produk yang disimpan. Teknologi penyinaran merupakan kaedah alternatif kawalan serangga perosak yang berkesan dan lebih baik berbanding penggunaan bahan kimia yang beracun.

Perencatan percambahan

Salah satu masalah yang dihadapi dalam usaha untuk kelestarian bekalan makanan adalah percambahan hasil tanaman seperti ubi kentang, bawang, keladi dan lain-lain. Bagi mengatasi masalah ini, percambahan hasil tanaman ini perlu direncatkan. Kesan perencatan yg diingini boleh diperolehi dengan menggunakan perencat bercambah kimia seperti *hydrazide maleic*, *propham*, atau *chloropropham*. Bahan kimia ini, bagaimanapun, adalah sama ada tidak berkesan dalam keadaan tropika atau meninggalkan sisa di dalam produk, dan atas sebab-sebab kesihatan mereka dianggap oleh sesetengah orang sebagai berbahaya. Oleh itu banyak negara telah melarang penggunaannya. Proses penyinaran dengan dos sinaran yang rendah iaitu 0.15 kGy atau kurang, menghalang percambahan produk seperti kentang, keladi, bawang, bawang putih, halia, dan buah berangan. Teknik ini tidak meninggalkan sisa dan membenarkan penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi. Di Jepun, penyinaran ubi kentang yang dijalankan di Pulau Hokkaido, semenjak tahun 1973, telah berjaya menjamin bekalan yang konsisten sepanjang tahun dan membantu mengurangkan pergerakan harga komoditi tersebut. Kematangan buah-buahan dan sayur-sayuran seperti mangga, cendawan dan asparagus juga boleh dilambatkan dengan kaedah penyinaran.

Memanjang jangka hayat

Memanjangkan jangka hayat yang singkat untuk kebanyakan komoditi tumbuhan komersial penting adalah sangat wajar dan kritikal. Jangka hayat kebanyakan buah-buahan dan sayur-sayuran, daging, ayam, ikan dan makanan laut yang boleh dipertimbangkan untuk pemanjangan menggunakan rawatan dengan gabungan penyinaran dos rendah dan penyejukan yang tidak mengubah rasa atau tekstur. Kebanyakan mikroorganisma perosak, seperti *Pseudomonas* spp., agak sensitif kepada iradiasi. Sebagai contoh, dos 2.5 kGy digunakan untuk daging ayam segar diproses mengikut amalan pengilangan yang baik (GMP) adalah mencukupi untuk menghapuskan *Salmonella* sp. dan beberapa bakteria perosak. Ini akan menggandakan jangka hayat daging ayam segar, dengan syarat ia disimpan di bawah 5°C. Pendedahan kepada dos sinaran yang rendah boleh melambatkan beberapa buah-buahan ranum, mengawal kulat reput dan kematangan dalam sayur-sayuran tertentu. Tidak semua buah-buahan dan sayur-sayuran sesuai untuk penyinaran kerana perubahan yang tidak diingini dalam warna atau tekstur, atau kedua-duanya, telah menghadkan penerimaan. Pelbagai jenis buah-buahan yang sama atau sayur-sayuran boleh bertindak balas secara berbeza kepada penyinaran. Masa tuaian dan keadaan fisiologi juga memberi kesan kepada tindak balas daripada buah-buahan dan sayur-sayuran untuk penyinaran. Sebagai contoh, jika strawberi yang disinarkan sebelum buah masak, warna merah tidak berkembang dengan memuaskan. Untuk melambatkan pemasakan dalam buah-buahan adalah penting untuk menyinari mereka sebelum pemasakan bermula.

Makanan steril secara iradiasi diberikan kepada pesakit hospital yang mempunyai kekurangan sistem imunisasi dan sesuai untuk makanan angkasawan dalam program kapal angkasa NASA, anggota tentera, kem-kem bencana alam dan untuk aktiviti luar seperti berkhemah, pelayar dan pejalan kaki. Penyinaran sering dirujuk sebagai proses “pempasteuran sejuk” kerana ia boleh mencapai objektif yang sama seperti terma pempasteuran makanan cecair, contoh susu, tanpa apa-apa peningkatan yang besar dalam suhu produk. Mikroorganisma daripada daging, ayam dan makanan laut yang kurang masak dan / atau pengendalian yang tidak betul boleh menyebabkan banyak kes-kes penyakit bawaan makanan setiap tahun. Kebimbangan terhadap penyakit tertentu adalah disebabkan oleh organisma patogen seperti *Salmonella*, *Camphylobacter*, *Listeria*, *Escherichia coli*, *Trichinella* dan *Toxoplasma*. Pada dos yang sederhana (1-10 kGy), penyinaran boleh digunakan untuk menghapuskan organisma patogen dan mengurangkan bahaya penyakit bawaan makanan ini.

FAEDAH TEKNOLOGI PENYINARAN MAKANAN

Hasil kajian saintifik yang meluas sejak lebih 50 tahun lalu telah membuktikan makanan yang disinari dengan sinaran mengion (gama, elektron dan sinar-X) adalah selamat untuk dimakan oleh pengguna. Penggunaan teknik ini dapat memberi manfaat kepada pengguna, petani dan industri makanan kerana berkesan untuk

- ✓ Meningkatkan kualiti dan keselamatan makanan
- ✓ Memanjangkan jangka hayat makanan dan hasil pertanian
- ✓ Meningkatkan perdagangan makanan

CIRI PENTING TEKNIK INI IALAH :

Tahap nutrisi makanan tidak terjejas



Makanan tersinari tidak menjadi radioaktif



Tiada penghasilan bahan kimia/residu berbahaya



Penyakit yang disebabkan mikroorganisma dapat dikawal atau dihapuskan



Keadaan makanan tidak berubah



Nuklear Malaysia mengaplikasi teknologi penyinaran ini untuk membantu menambah nilai produk yang berpotensi sama ada untuk pasaran tempatan mahupun luar negara. Fasilitas Mintec-Sinagama (SINAGAMA). SINAGAMA adalah fasilitas penyinaran bertaraf komersial untuk perkhidmatan dan penyelidikan berkaitan ;

- Pensterilan produk-produk perubatan dan bahan untuk pembungkusan,
- Nyahkontaminasi produk makanan, farmaseutikal, herba dan makanan haiwan,
- Penghapusan serangga perosak dalam komoditi makanan,
- Rawatan barangan kuarantin yang dikhuatiri mengandungi unsur-unsur yang boleh mendatangkan penyakit pada tumbuhan di negara ini,
- Pensterilan tisu dan tulang untuk kegunaan Tisu Bank Kebangsaan dan hospital-hospital,
- Sterilisasi bahan sisa pertanian untuk kegunaan alternatif seperti substrat biobaja, substrat cendawan dan makanan haiwan.

Selain itu, sinaran Nuklear Malaysia juga dilengkapi dengan kemudahan kebuk Gamma Cell. Fasilitas ini digunakan untuk radiasi akut sampel pertanian, biji benih, keratan tumbuhan, sampel kultur tisu, kalus, somatic embryo dan juga untuk mengaruh mutagenesis (Foto 1).



Foto 2: Fasilitas iradiasi komersial - MINTec-Sinagama



Foto 1: Kebuk Gamma cell di Agensi Nuklear Malaysia



Foto 3: Fasilitas alur elektron semi-komersial

Program penyelidikan dan pembangunan penyinaran makanan banyak dijalankan di Nuklear Malaysia secara kerjasama dengan agensi lain berkaitan seperti universiti, MARDI, Jabatan Pertanian, Jabatan Perikanan, FAMA dan juga industri makanan. Pada tahun 1997 khidmat penyinaran lada hitam bagi tujuan nyahkontaminasi bakteria untuk pasaran eksport telah dikomersialkan. Ini menjadi titik permulaan pengkomersialan penyinaran makanan di Malaysia.

Memandangkan penyinaran makanan berkait rapat dengan teknologi nuklear, aplikasinya perlu mematuhi Akta Peraturan Makanan 1985 di mana industri makanan perlu mendapat kebenaran Ketua Pengarah Kesihatan untuk setiap permohonan penyinaran. Pencapaian terpenting diperolehi apabila Peraturan Iradiasi Makanan 2011 diwartakan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia yang meluluskan proses penyinaran makanan sehingga dos maksima 10 kGy. Peraturan ini telah dikuatkuasakan sejak tahun 2013. Setiap bungkusan makanan disinari untuk jualan hendaklah mempunyai pernyataan bertulis seperti DIRAWAT DENGAN IRADIASI berdekatan dengan nama makanan tersebut disertai simbol iradiasi makanan antarabangsa 'Radura' (Rajah 1). Makanan yang mengandungi ramuan disinari melebihi lima peratus pula hendaklah diisytiharkan dalam senarai ramuan manakala makanan disinari yang dijual secara runcit seperti ubi kentang perlu dipamerkan label.



Rajah 1: Contoh pelekat RADURA yang digunakan di MINtec-Sinagama.

Peraturan-peraturan ini juga melarang penyinaran semula kecuali jika makanan tersebut mengandungi keaktifan air yang rendah tidak melebihi 0.85 a_w untuk mengawal infestasi semula serangga. Pengecualian juga diberikan untuk makanan yang mengandungi kurang dari 5 peratus ramuan disinari atau makanan yang telah disinari sebahagian dari jumlah dos sebenar diperlukan dan pada dos tidak melebihi 1 kGy untuk tujuan lain. Kawalan ini perlu bagi memastikan had dos dibenarkan adalah dipatuhi. Ketidakpatuhan pihak berkaitan kepada Peraturan-Peraturan Iradiasi Makanan 2011 boleh didenda pada kadar ringgit yang ditetapkan atau dipenjarakan selama sesuatu tempoh atau kedua-duanya jika disabit kesalahan.

Kesimpulannya, teknologi penyinaran makanan ini amat penting dan terbukti dapat menyelesaikan sebahagian besar masalah yang dihadapi dalam industri pertanian dan hortikultur serta mesra alam sekitar. Seterusnya, teknologi ini akan dapat menjamin kelestarian bekalan makanan negara dan memperkasakan lagi industri pertanian negara.



Sistem Kebolehesan dan Pengesanan Ketulenan Makanan Menggunakan TEKNOLOGI ISOTOP STABIL

Mohd Noor Hidayat Adenan dan Salmah Moosa

Apakah Penipuan Makanan?

Penipuan makanan adalah istilah kolektif yang digunakan merangkumi penggantian kandungan makanan dengan bahan lain yang mempunyai struktur yang sama, menyembunyikan kerosakan produk makanan, pemalsuan dalam pelabelan dan penambahan bahan atau unsur lain untuk memberikan rasa yang lebih enak atau struktur yang lebih baik dan menarik bagi tujuan mengaut keuntungan semata-mata. Aktiviti penipuan makanan menyebabkan pemalsuan produk yang berleluasa, mengancam keselamatan makanan dan akan membahayakan kesihatan awam. Penambahan unsur-unsur kimia yang bersifat toksik seperti melamin, nitrat dan sebagainya

mengakibatkan kesan buruk kepada konsumen suatu produk tersebut kerana akan mendatangkan penyakit dan masalah kesihatan yang lain.



Rajah 1: Manipulasi dalam pelabelan produk makanan

Kawalan Keselamatan dan Kualiti Makanan

Kaedah semasa bagi mengenalpasti ketulenan sesuatu produk makanan adalah dengan berpandukan pada label dan nombor pendaftaran yang tertera pada pembungkusannya. Pelabelan tersebut boleh dimanipulasikan oleh pihak lain dengan memalsukannya bagi mengaut keuntungan tanpa mengira kesan kepada para pengguna (Rajah 1). Justeru, teknik-teknik lain yang lebih berkesan amat kritikal bagi memastikan produk-produk makanan di Malaysia dikawal dari segi kualiti dan keselamatan bagi menjaga hak pengguna seterusnya meningkatkan kebolehpasaran di peringkat antarabangsa. Ini termasuklah produk-produk premium yang telah disenaraikan oleh pihak Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) seperti sarang burung walit dan madu kelulut. Hal ini kerana harga dan kandungan khasiat produk-produk tersebut serta permintaan yang tinggi di peringkat tempatan mahupun antarabangsa.



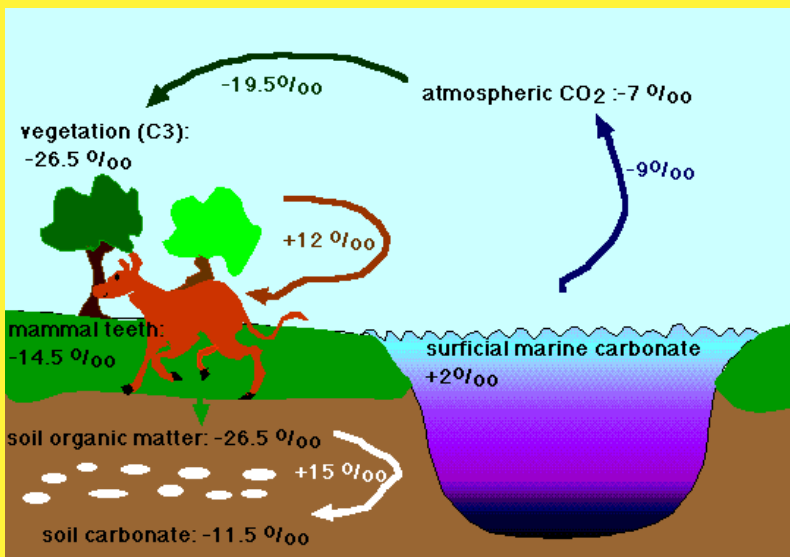
Teknik Isotop Stabil bagi Menentukan Asal Usul dan Kesahihan Produk Makanan

Kajian kebolehesanan makanan menggunakan isotop stabil adalah teknik terkini yang digunakan oleh negara-negara maju bagi membentaras amalan penipuan dan menghalang pencemaran produk makanan. Isotop stabil wujud secara semulajadi pada makanan dan persekitaran dan ianya adalah unik bagi lokasi (kedudukan geografi), cuaca dan amalan pertanian tempatan. Antara isotop-isotop stabil yang memainkan peranan penting dalam kaedah tersebut ialah nitrogen-15, karbon-13, sulfur-34, oksigen-18 dan juga hidrogen-2 (deuterium). Keunikan isotop stabil nitrogen-15 dan karbon-13 membolehkan kita mengenalpasti amalan pertanian setempat yang digunakan para petani seperti penggunaan baja kimia atau organik dan juga diet haiwan sekiranya suatu produk makanan itu terhasil daripada haiwan. Oksigen-18, hidrogen-2 dan sulfur-34 pula memberikan petunjuk iklim yang amat berguna membezakan produk makanan mengikut kawasannya kerana pecahan isotop stabil yang berlainan mengikut tempat. Contoh pecahan isotop di persekitaran digambarkan dalam Rajah 2. Maka komposisi nisbah isotop semulajadi (*Stable Isotope Ratio*) bagi $^2\text{H}/^1\text{H}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dalam makanan adalah biasanya indikator ciri-ciri bagi iklim sementara nisbah $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ dan $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ adalah penunjuk bagi amalan pertanian seperti baja, pestisid dan perairan dan diet haiwan merupakan profil unik atau '*signature profile*' yang unik untuk direkod. Apabila berlaku perubahan cuaca atau lokasi dan amalan pertanian seperti pembajaan, perairan dan perubahan lokasi, secara automatik 'profil komposisi isotop bagi 'produk siap' akan berubah komposisinya. Perubahan ini yang membantu mengesan ketulenan dan kebolehesanan secara perbandingan dengan yang tulen.

Analisis isotop stabil ini dijalankan menggunakan alat yang diberi nama "Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS)" (Rajah 3). Dengan menggunakan alat ini, satu keputusan nisbah isotop stabil sampel akan dihasilkan seterusnya satu model kajian akan dibuat dengan menggunakan analisis statistik multivariat yang membolehkan pelbagai isotop dari sampel-sampel makanan didiskriminasi mengikut kategorinya. Sebagai contoh mengikut kawasan, negeri atau wilayah suatu makanan itu dikeluarkan.

Walau bagaimanapun di Malaysia, Nuklear Malaysia sedang membangunkan kaedah penggunaan isotop stabil untuk beberapa produk makanan yang memberi impak tinggi

kepada ekonomi negara antaranya sarang burung walit dan madu kelulut. KKM sebagai penguatkuasa telah mengesan banyak produk pasaran yang telah dicemari dan memberi impak negatif dan kerugian kepada pengusaha tempatan serta memerlukan tindakan segera. Bagi menentukan ketulenan produk makanan, serta menjamin keselamatan dan kualiti makanan, KKM bersama Nuklear Malaysia telah mengambil data-data bagi produk tulen dari lokasi berlainan untuk membina pangkalan data produk Malaysia. Teknik-teknik yang digunakan termasuklah penggunaan keunikan isotop stabil yang secara semulajadinya terdapat dalam suatu makanan sebagai pendekatan baharu pengesanan sisa atau bahan cemar dalam produk makanan. Teknik ini adalah kaedah yang amat berguna kerana komposisi isotop stabil makanan berfungsi sebagai "rekod" dari keadaan alam sekitar di titik asal makanan, serta amalan pertanian dan pemakanan yang digunakan semasa proses pengeluaran dijalankan.



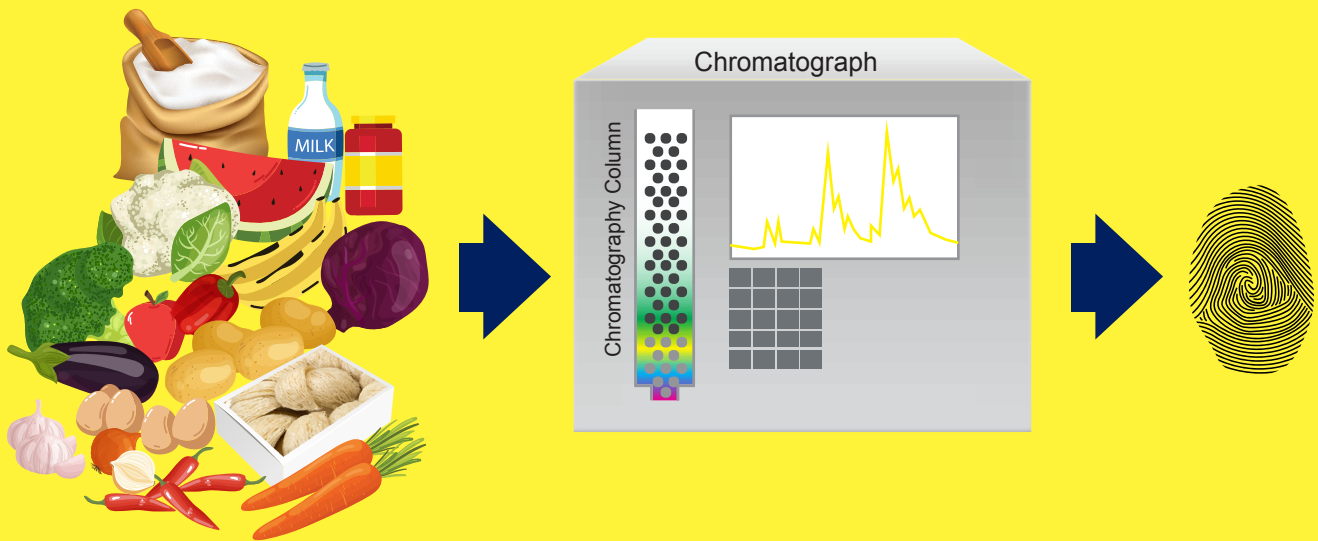
Rajah 2: Pecahan isotop stabil karbon-13 yang melibatkan hidupan di persekitaran.
(Sumber: <http://condor.wesleyan.edu/ethomas/ees123/carboniso.htm>)



Rajah 3: Analisis isotop stabil menggunakan *Isotope Ratio Mass Spectrometer*

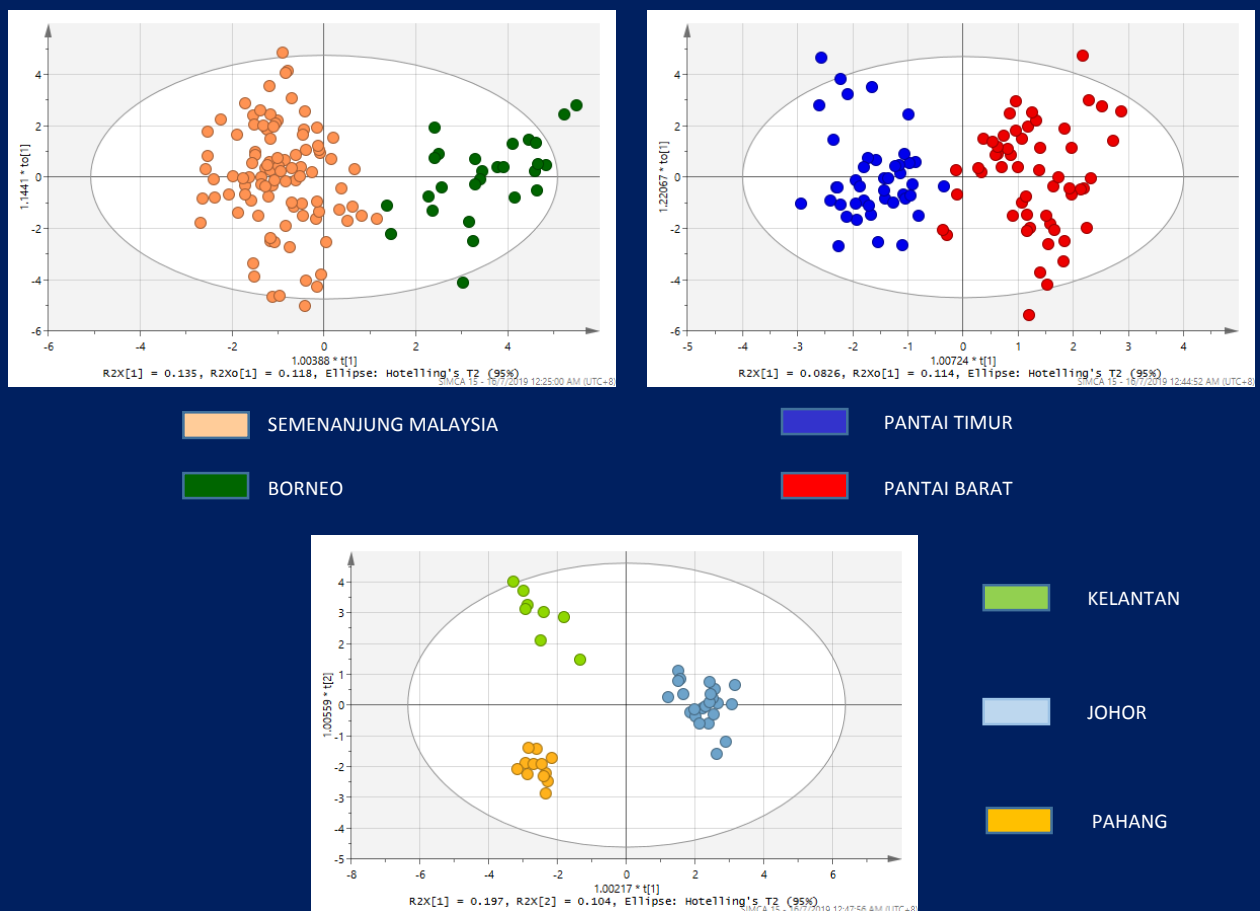
Penyelidikan Menggunakan Isotop Stabil bagi Kebolehkesanan dan Pengesanan Ketulenan Makanan

Sebagai inisiatif untuk memastikan Dasar Agromakanan Negara, Dasar Sains dan Teknologi Negara yang meliputi pelbagai sektor sosio ekonomi dan Dasar KKM bagi pengesanan dan ketulenan agroproduk dapat terus dilaksanakan dengan baik, pelbagai penyelidikan melibatkan teknologi isotop stabil dijalankan di Nuklear Malaysia. Projek penyelidikan dijalankan bertujuan menjamin kualiti dan keselamatan makanan di Malaysia. Dengan kerjasama Bahagian Kualiti dan Keselamatan Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia, Jabatan Veterinar, Jabatan Kimia Malaysia, Universiti Sains Malaysia dan Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA), satu projek kebolehkesanan sarang burung walit di Malaysia telah berjaya dilaksanakan. Satu model pemetaan produk sarang burung walit mengikut lokasi asalnya di Malaysia telah berjaya dibangunkan (Rajah 4). Di samping itu, projek pengesanan ketulenan madu juga sedang dijalankan dan turut melibatkan KKM. Bagi memperkasa dan memastikan hasil penyelidikan lebih berkualiti serta mengikut piawai yang ditetapkan di peringkat antarabangsa, Nuklear Malaysia berusaha meningkatkan kerjasama serta menjalankan projek-projek berimpak tinggi dengan pelbagai lagi agensi kerajaan dan swasta di peringkat nasional. Nuklear Malaysia turut memberikan perkhidmatan analisis isotop stabil yang berkualiti tinggi.



Rajah 4: Analisis makanan untuk memperoleh pangkalan data.

Model Asal Usul Geografi Sarang Burung Walit



Rajah 5: Model asal usul geografi sarang burung walit di Malaysia



PENGESANAN MAKANAN DISINAR

Ros Anita Ahmad Ramli

Teknologi sinaran mengion untuk merawat makanan semakin meningkat di seluruh dunia. Pada masa ini, makanan disinar telah diluluskan di lebih 60 buah negara. Teknologi sinaran makanan berfungsi untuk pembangunan lestari dan telah dikomersilkan di banyak negara untuk pelbagai tujuan seperti mengawal pertumbuhan mikrob pada rempah ratus, herba, sayur-sayuran kering, daging dan makanan laut. Penyinaran makanan juga digunakan untuk pengawalan kuarantin makanan seperti bijirin dan buah-buahan serta perencatan percambahan mata tunas seperti kentang dan halia. Beberapa kaedah telah

dibangunkan untuk mengesan makanan yang disinar sebelum melalui proses pelabelan dan pengeksportan untuk tujuan keselamatan. Oleh kerana makanan yang disinar tidak mengubah rasa, warna dan tekstur, teknik pengesanan makanan disinar yang sesuai diperlukan untuk menentukan sesuatu makanan tersebut telah disinar atau sebaliknya. Penglibatan badan antarabangsa diperlukan untuk menyokong penyelidikan menentukan makanan disinar. Penguatkuasa di pelabuhan masuk negara pengimport seluruh dunia memerlukan pengesanan untuk menentukan sama ada makanan yang diimport telah dirawat mengikut standard keperluan sinaran.

Keperluan Teknik Mengesan Makanan Disinar

Pada awal tahun 1990, terdapat dua agensi yang terlibat dalam pembiayaan dan penganjuran kajian berkaitan pengesanan makanan disinar iaitu *Community Bureau of Reference* dan *International Atomic Energy Agency*. Terdapat 15 kaedah analisis yang telah dibagunkan untuk tujuan pengesanan makanan disinar. Hanya 10 kaedah sahaja telah mengikut standard yang ditetapkan oleh *European Committee for Standardization (CEN)*.

Pada masa kini tiada satu kaedah yang mampu untuk mengesan semua jenis makanan. Teknik mengesan makanan yang disinar boleh dijalankan ke atas makanan segar atau diproses. Kaedah ini diperlukan untuk menyokong penguatkuasaan Akta Makanan 1983 dan Peraturan-Peraturan Iradiasi Makanan 2011. Peraturan ini membenarkan makanan disinar dipasarkan di negara ini. Namun, makanan disinar perlu dilabel dengan 'dirawat oleh iradiasi' atau menggunakan logo 'Radura' (Foto 1). Pelabelan dapat memudahkan pengguna untuk membuat pilihan semasa pembelian. Ketersediaan kaedah pengesanan makanan disinar dapat membantu pihak berkuasa menjalankan pemeriksaan di pasaran. Pelabelan radura di pasaran dapat meningkatkan keyakinan pengguna dan masyarakat berkaitan teknologi penyinaran makanan. Teknik pengesanan makanan akan memberi manfaat dan meningkatkan kepercayaan pengguna mendapatkan produk yang selamat untuk dimakan.



Foto 1: Logo RADURA.

Kaedah-Kaedah Pengesanan

Terdapat pelbagai program untuk membangunkan kaedah pengesanan makanan disinar di negara Eropah. Program ini melibatkan 16 buah negara dan 23 makmal dengan penyertaan ramai penyelidik di seluruh dunia.

Pelbagai teknik digunakan untuk mengesan makanan disinar oleh beberapa kumpulan makanan tertentu. Lima kaedah telah diterima sebagai kaedah rujukan standard untuk mengesan makanan disinar oleh *European Committee for normalization (CEN)*, sebuah pertubuhan antarabangsa yang membangunkan kaedah standard analisis makanan.

Teknologi pengesanan makanan disinar dilaksanakan untuk tujuan keselamatan dan kawalan kualiti. Terdapat pelbagai kaedah yang digunakan untuk mengesan makanan yang disinar seperti fizikal, kimia, biologi dan perubahan mikrobiologi. Kepelbagaian ini menyebabkan wujud teknik pengesanan makanan yang disinar berbeza-beza daripada aspek aplikasi dan keperluannya. Makanan yang disinar perlu dikesan mengikut standard yang telah ditetapkan untuk memastikan ianya telah menjalani rawatan iradiasi atau sebaliknya.

Terdapat empat kaedah yang biasa digunakan untuk pengesanan makanan disinar. Kaedah ini mempunyai fungsi yang berbeza bergantung kepada kandungan sumber makanan. Jadual 1, menunjukkan ringkasan teknik-teknik pengesanan makanan disinar.

Teknik	Sumber	Jenis Sampel	Standard CEN
1. Kaedah fizikal			
Terma luminesens (TL)	Mineral silikat	Rempah ratus, herba, bijirin, buah-buahan, sayur-sayuran, ubi, bawang dan makanan laut.	EN1788 (Anon, 1996)
Fotostimulasi Luminesens (PSL)	Mineral silikat	Mineral dan silikat	EN13751 (Anon, 2000)
Spektroskopi elektron Spin Resonan (ESR)	Selulosa kristal	selulosa	EN1787 (Anon, 1996)
	Tulang, gigi	tulang	EN1786 (Anon, 1996)
	Gula kristal	gula	EN13708 (Anon, 1996)
Chemoluminesens (CL)	Lemak peroksida	Herba, rempah, sayur, ayam sejuk beku, gandum, makanan laut	Tiada
Ukuran kelikatan	polisakarida, protein	Rempah ratus, makanan laut, halia, kekacang.	Tiada
Pengukuran impedans elektrik	Membrane tisu hidup	Kentang, sayur-sayuran,	Tiada
2. Kaedah kimia			
Gas kromatografi (GC)/ HPLC	1 % lemak .	Hidrokarbon meruwap	EN1784 (Anon, 1996)
		2-alkylcyclobutanon	EN1785 (Anon, 1996)
Komet Essei DNA	DNA	DNA	EN 13784 (Anon, 2000)
perubahan pada lemak	lemak	Makanan yang mengandungi lemak	Tiada
Ortho-tyrosine	Amino asid	ayam	Tiada
Estimation of gas evolution	Karbon monoksida, hydrogen sulfida, hydrogen, gas amino	ayam sejuk beku	Tiada
3. Kaedah mikrobiologi			
<i>Teknik penurasan Epifluorescent terus/ Aerobik Piring Pembilang (DEFT/APC)</i>	Herba dan rempah ratus	mikroorganisma	EN13783 (Anon, 2000)
Limulus amebocyte lysate test combined with gram-negative bacterial count LAL/GNB	Daging	Bakteria gram negatif	EN 14569 (Anon, 2004)
Shift in microbial load	mikrobiologi	Buah-buahan, sayur-sayuran	Tiada
generation of total volatile acids (TVAs) and total volatile basic nitrogen (TVBN).	bakteria	Buah-buahan, makanan laut, sayur-sayuran	Tiada
4. Kaedah DNA			
DNA	DNA	sayur-sayuran, kekacang, buah-buahan	Tiada
Adenine, tiamin	DNA	Makanan laut.	Tiada

Jadual 1: Teknik pengesanan makanan disinar.

Penentuan makanan yang telah disinar sangat penting untuk menjamin keselamatan dan kualiti makanan, selain memudahkan proses perlabelan makanan disinar dan seterusnya mematuhi peraturan makanan negara.

Peranan Teknologi Nuklear ke Arah Pertanian Lestari untuk Mitigasi Pelepasan Gas Rumah Hijau

Ahmad Nazrul Abd Wahid

Pembangunan lestari secara umumnya boleh difahami sebagai pembangunan yang dilaksanakan secara terancang dalam semua aspek terutama dari segi pengurusan sumber, sisa dan alam sekitar agar pembangunan yang dilaksanakan dapat memberi manfaat semasa dan berterusan ke generasi akan datang. Selain itu, pembangunan yang terancang akan memastikan generasi akan datang masih mempunyai sumber yang berterusan dan alam sekitar yang bersih untuk dinikmati.

Kebanyakan aktiviti pembangunan dan ekonomi yang dilaksanakan sekarang ini seperti perindustrian dan pertanian mempunyai kesan buruk kepada alam sekitar jika tidak dilaksanakan secara terancang dan mengabaikan aspek kelestarian alam sekitar. Aktiviti pertanian turut bertanggungjawab terhadap pelepasan gas rumah hijau yang menyebabkan suhu dunia meningkat. Sehubungan dengan itu, aktiviti pertanian lestari perlulah dilaksanakan dengan segera oleh semua pihak.



Penyelidikan Gas Rumah Hijau di Nuklear Malaysia

Penyelidik Nuklear Malaysia turut memainkan peranan yang penting dalam penyelidikan gas rumah hijau dalam aktiviti pertanian bagi memastikan pembangunan lestari negara tercapai. Melalui kerjasama dengan pihak *International Atomic Energy Agency* (IAEA) beberapa projek penyelidikan telah dibuat. Di antaranya adalah projek *Reducing Greenhouse Gas Emissions from Agriculture and Land Use Changes through Climate Smart Agricultural Practices*. Projek ini bertujuan untuk mencari kaedah terbaik melalui pembangunan pertanian lestari untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau dalam aktiviti pertanian terutamanya aktiviti penanaman padi menggunakan teknik nuklear.

Apakah itu Gas Rumah Hijau?

Gas rumah hijau adalah gas-gas yang terdapat di atmosfera bumi seperti karbon dioksida, metana, nitrus oksida dan wap air yang menyerap dan membebaskan tenaga haba, menghasilkan kesan rumah hijau yang membuatkan suhu planet kita sesuai untuk didiami. Tanpa gas-gas ini purata suhu bumi boleh mencapai -18°C .

Walau bagaimanapun, aktiviti pembangunan terutama perindustrian, pembakaran hutan, pertanian dan lain-lain yang tidak terancang di seluruh dunia telah menyebabkan pelepasan gas rumah hijau yang berlebihan dan tidak terkawal. Situasi ini membawa kepada peningkatan suhu dunia yang seterusnya membawa akibat buruk lain seperti pencairan ais di kutub dan perubahan iklim yang melampau.

Gas Rumah Hijau dalam Ekosistem Tanaman Padi

Beras merupakan makanan ruji bagi hampir separuh populasi di dunia, dan permintaan beras global dijangka meningkat dari semasa ke semasa. Walau bagaimanapun, peningkatan penanaman padi akan meningkatkan pelepasan gas rumah hijau yang tinggi. Sejak 50 tahun yang lalu, kawasan penanaman padi global telah meningkat sebanyak 40% disebabkan pengembangan dan intensifikasi padi. Peningkatan ini telah menyebabkan peningkatan pelepasan gas rumah hijau di udara. Gas rumah hijau yang paling utama dalam aktiviti penanaman padi adalah gas metana (CH_4). Pengeluaran CH_4 dari sawah ditentukan oleh keseimbangan antara pengeluaran CH_4 dan pengoksidaan. CH_4 dihasilkan oleh metanogens di bawah keadaan anaerobik, dan pengeluarannya dipengaruhi oleh ketersediaan karbon. Dalam sawah padi banjir, penambahan jerami biasanya merangsang pengeluaran CH_4 . Peningkatan pengeluaran CH_4 ini, boleh pula merangsang pertumbuhan metanotropik dan pengoksidaan CH_4 .



Aktiviti Penanaman Padi Melepaskan Gas Rumah Hijau Tertinggi untuk Sektor Pertanian

Selain dari CH_4 , nitrus oksida (N_2O) juga merupakan gas rumah hijau yang dilepaskan dalam aktiviti penanaman padi. N_2O boleh menghakis lapisan ozon di atmosfera dan membentuk sebanyak 7% kesan rumah hijau antropogenik. Dalam penanaman padi, pengeluaran N_2O dikaitkan terutamanya dengan aplikasi baja nitrogen (N). Nitrifikasi mikrob dan denitrifikasi adalah proses utama yang mempengaruhi pelepasan N_2O dan nitrogen oksida (NO) dan ketersediaan N kepada tumbuhan. Walau bagaimanapun, terdapat proses lain yang menghasilkan N_2O , seperti penguraian kimia hidroksilamin dan penguraian abiotik ammonium nitrat. Peningkatan pengeluaran N_2O adalah disebabkan oleh peningkatan aktiviti penanaman padi yang telah menyebabkan penggunaan baja yang berlebihan, pengairan yang tidak cekap dan amalan pengurusan ladang yang kurang baik.

Peranan Teknologi Nuklear dalam Kajian Gas Rumah Hijau

Petani digesa menggunakan kaedah pertanian yang mampan untuk meningkatkan produktiviti sementara juga mengurangkan pelepasan gas rumah hijau. Pertanian, terutamanya pertanian komersial berskala besar seperti padi, biasanya melibatkan monokultur bersamaan dengan penggunaan sejumlah besar baja kimia. Para petani mengimbangi kesuburan tanah yang dikurangkan ini dengan menggunakan baja kimia yang berlebihan, yang menyumbang kepada perubahan iklim melalui pembebasan global sebanyak 1.2 juta tan setahun nitrus oksida, gas rumah hijau yang 260 kali lebih kuat daripada karbon dioksida. Baja kimia dapat menyediakan tanah dengan nitrogen tambahan untuk pembangunan tanaman. Penggunaan baja ini sering dianggap perlu bagi menjadikan pertanian berdaya maju dari segi ekonomi namun penggunaan baja secara berlebihan menyebabkan kesan buruk kepada ekosistem.

Untuk mengurangkan pengeluaran N_2O dari pertanian, kita perlu mengetahui proses dan sumber mikrob yang sebenar (tanah N atau baja N) yang menghasilkan gas N_2O dan gas nitrogen (N_2). Isotop stabil ^{15}N kini merupakan satu-satunya teknik yang tepat mengukur laluan N_2O dan N_2 di bawah keadaan lapangan. Teknik isotop ^{15}N boleh mengenal pasti dua lagi proses mikrobial pengeluaran N_2O yang merangkumi penghitungan bersama dan penukaran organik N kepada mineral N. Melalui teknik isotop ^{15}N , penyelidik juga dapat menilai kecekapan penggunaan nitrogen oleh tanaman pada suatu kawasan atau lapangan. Menggunakan teknik isotop ^{15}N , penyelidik boleh memerhatikan, dalam tempoh beberapa bulan, jumlah isotop ini diserap oleh tumbuhan. Ini membolehkan penyelidik memberi nasihat kepada petani dengan tepat berapa banyak baja haiwan dan / atau baja nitrogen kimia yang mereka perlukan untuk tanaman mereka. Maklumat ini menjadi asas bagi pembangunan amalan pertanian pintar iklim untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau walau produktiviti pertanian meningkat. Tambahan pula, negara-negara di seluruh dunia akan berada dalam kedudukan yang jauh lebih baik untuk menentukan faktor pelepasan gas rumah hijau secara spesifik, mewujudkan langkah mitigasi yang berkesan dan dengan itu ia dapat memenuhi komitmen antarabangsa masing-masing.



Kajian Kecekapan Penggunaan Baja N pada Tanaman Padi Menggunakan Teknik Isotop ^{15}N



Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)

PRODUK

1. Lateks Getah Tervulkan Dengan Sinaran
2. Kit Diagnostik Perubatan dan Radioisotop Perubatan
3. Sebatian Polimer untuk Industri Automotif
4. Varieti Baru Tanaman Hiasan dan Pokok Buah-Buahan

RUNDING CARA

1. Keselamatan & Kesihatan Sinaran
2. Penilaian & Pencemaran Alam Sekitar
3. Jaminan Kualiti Mikrob
4. Pengurusan Sisa Radioaktif
5. Reka Bentuk Loji & Kawalan Proses
6. Reka Bentuk Kejuruteraan dan Pembangunan
7. Penasihat Teknologi Nuklear & Perancangan Dasar

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)
Bangi, 43000 KAJANG, Selangor Darul Ehsan

U/P : Dr. Ishak Bin Mansor
Pengarah
Bahagian Pengkomersilan Teknologi

Tel : 03-8911 2000 Samb. 1069

Faks: 03-8911 2175

E-mail : ishak_mansor@nuclearmalaysia.gov.my

Website: www.nuclearmalaysia.gov.my

KHIDMAT

Penyelesaian Kejuruteraan Untuk R&D

1. Reka Bentuk dan Sistem Automasi
2. Fabrikasi Komponen Kejuruteraan

Pemantauan Alam Sekitar

1. NORM/TENORM
2. Pemantauan Sinaran Tidak Mengion (NIR)
3. Penilaian Impak Bahan Radiologi
4. Pengurusan Sumber Air
5. Pengurusan Sisa Pertanian, Industri dan Domestik

Khidmat Kejuruteraan Teknikal

1. Pemeriksaan dan Ujian Bahan, Struktur dan Loji Industri
2. Pemeriksaan Industri dan Kawalan Proses
3. Teknologi Pertanian
4. Teknologi Perubatan
5. Analisa dan Pernilaian Bahan

Jaminan Kualiti

1. Dosimetri Personel
2. Jaminan Kualiti Perubatan
3. Jaminan Kualiti Industri

Sterilisasi Bukan Kimia

1. Penyinaran Gamma
2. Penyinaran Elektron

Latihan

1. Keselamatan Sinaran & Kesihatan
2. Sinaran Perubatan
3. Ujian Tanpa Musnah
4. Sains Nuklear & Kejuruteraan
5. Keselamatan Persekitaran & Kesihatan
6. Instrumentasi & Kejuruteraan
7. Pengurusan Teknologi
8. Latihan Antarabangsa



i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



AGENSI NUKLEAR MALAYSIA
Bangi, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan



<https://www.nuclearmalaysia.gov.my>



Nuklear Malaysia



nuclearmalaysia



Agensi Nuklear Malaysia



Agensi Nuklear Malaysia