

i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



Kesejahteraan Rakyat
Melalui Penerima Gunaan
Aplikasi Sinaran

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, visi MINT diperkemas kepada mempertingkat 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 49 tahun dalam pelbagai pembangunan S&T nuklear, serta 39 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.

isikandungan

Tinta Ketua Pengarah & Dari Meja Editor	iv
Bual Bicara : Dinamik Kepimpinan Memperkasa Teknologi Pemprosesan Sinaran di Malaysia	2-13
Fokus 1 : Aplikasi Teknologi Sinaran Mesra Alam Sekitar	14-19
Fokus 2 : Kebolegunaan Resin Sinaran Salutan Sawit	20-21
Fokus 3 : Teknologi Pemprosesan Sinaran dalam Penghasilan Jaket Antibalistik	22-23
Fokus 4 : Teknologi Pemprosesan Sinaran dalam Pembangunan Produk Perubatan dan Sokongan Kesihatan	24-27
Fokus 5 : Aplikasi Teknologi Pemprosesan Sinaran dalam Sektor Agromakanan	28-33
Fokus 6 : Konservasi Artifak Warisan Budaya melalui Aplikasi Sinaran	34-37
Fokus 7 : Aplikasi Teknologi Sinaran dalam Industri Tenaga	38-41
Nuklear Malaysia dan MPOB Meterai MOU bagi Penyelidikan Berasaskan Sawit Menggunakan Teknologi Sinaran	42

PENAUNG
Ts. Dr. Siti A'iasah binti Hashim

EDITOR KANAN
Habibah binti Adnan

EDITOR
Normazlin binti Ismail

PENYELARAS
Mohd Sha Affandi bin Md Aripin

PENULIS
Ts. Dr. Mohd Hamzah bin Harun
Dr. Marina binti Talib
Dr. Mohd Yusof bin Hamzah
Dr. Naurah binti Mat Isa
Dr. Norzita binti Yacob
Dr. Nor Azillah Fatimah binti Othman
Dr. Sarada binti Idris
Dr. Rida Tajau
Dr. Ting Teo Ming
Ahmad Zuhdi bin Mohd On
Khairul Azhar bin Abdul Halim
Khomsaton binti Abu Bakar
Maznah binti Mahmud
Mohd Sofian bin Alias
Nor Azwin binti Shukri
Norshafarina binti Ismail
Norhashidah binti Talip
Norliza binti Ishak
Norliza binti Abdul Mihat
Norzehan binti Ngadiron
Sarala a/p Selambakkannu

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 ulang, 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.

Editorial

Tinta Ketua Pengarah

Teknologi sinaran dapat memanfaatkan sinaran mengion dan tidak mengion dari sumber seperti pemecutan zarah elektron atau sinar gama dari Cobalt-60 serta sinaran ultra lembayung bertenaga tinggi untuk mengubahsua sesuatu bahan bagi menambahkan sifatnya. Proses ini kebiasaannya dilakukan sama ada sebelum atau selepas rawatan. Apabila sesuatu bahan didedahkan kepada sinaran, tenaga yang dipancarkan itu akan diserap oleh bahan tersebut dan menghasilkan spesis aktif atau radikal. Kumpulan radikal akan memulakan tindak balas seperti taut-silang, pembelahan-rantai atau degradasi, pempolimeran tambahan dan pencangkukan. Pengubahsuaian ini akan mengubah struktur asal polimer kepada satu bahan baharu yang mempunyai sifat fizik, kimia mekanik berbeza dari bahan asal. Keunikan teknologi ini adalah proses yang ringkas dan selamat kerana pengubahsuaian bahan polimer dapat dilakukan tanpa penggunaan bahan kimia serta persekitaran yang terkawal tanpa melibatkan suhu atau tekanan yang tinggi. Justeru, penerokaan penggunaan teknologi sinaran perlu dilakukan secara berterusan kerana teknologi ini memberi manfaat dalam penambahbaikan produk untuk kegunaan industri, perubatan, pertanian dan alam sekitar.

Ts. Dr. Siti A'iasah binti Hashim
Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia



Dari meja editor

Sebagaimana yang telah diketahui umum, Nuklear Malaysia adalah peneraju dalam penyelidikan dan perkhidmatan yang menggunakan sinaran mengion dan tidak mengion. Pelbagai jenis punca sinaran digunakan dalam aktiviti penyelidikan yang dijalankan seperti sinaran neutron, gama, sinar-X dan elektron. Aktiviti di makmal dan lapangan pula banyak menggunakan bahan radioisotop bagi pelbagai tujuan.

Nuklear Malaysia juga sentiasa tertakluk pada peraturan dan akta keselamatan agensi tempatan seperti Lembaga Perlesenan Tenaga Atom (LPTA) dan Jabatan Keselamatan dan Pekerjaan (DOSH) serta peraturan keselamatan antarabangsa di bawah Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) dalam memberikan perkhidmatan terbaik melalui kesejahteraan rakyat dengan teknologi sinaran yang memfokuskan kepada alam sekitar, pembangunan produk perubatan dan sokongan kesihatan, penghasilan jaket antibalistik, agromakanan, konservasi artifak warisan, resin sinaran salutan sawit dan tenaga melalui edisi ini.

Habibah binti Adnan
Pengarah
Bahagian Pengurusan Maklumat
Agensi Nuklear Malaysia

Kesejahteraan Rakyat Melalui Penerima Gunaan Aplikasi Sinaran



Dinamik Kepimpinan

Memperkasa Teknologi Pemprosesan Sinaran di Malaysia

Norzehan Ngadiron

Dua tokoh pemimpin, **Dr. Muhammad Rawi Mohamed Zin**, Pengarah Kanan, Program Pengurusan dan **Dr. Hasni Hasan**, Pengarah, Bahagian Teknologi Pemprosesan Sinaran (BTS), Nuklear Malaysia dipertemukan dalam satu sesi wawancara Majalah I -Nuklear bersama Norzehan Ngadiron. Pertemuan di antara Dr. Rawi, mantan pengarah BTS yang kini menerajui barisan tampuk pengurusan tertinggi Nuklear Malaysia dengan Dr. Hasni yang kini menggalas peranan sebagai Pengarah BTS adalah untuk berkongsi visi dan membicarakan mengenai potensi teknologi pemprosesan sinaran serta manfaatnya kepada kesejahteraan masyarakat di Malaysia. Perkongsian dinamik kepakaran dan corak kepimpinan antaranya kedua-duanya digarapkan bagi mencetuskan kejayaan demi kejayaan pada masa hadapan.

Latar belakang penyelidikan dan fokus peranan sekarang?

DR. RAWI: Kerjaya sebagai penyelidik bermula pada 3 Julai 1995 hingga sekarang. Saya mula bertugas di Kumpulan Radiometri dalam projek pembangunan tomografi berkomputer gama hingga 1999. Sistem tomografi gama berjaya dibangunkan dengan beberapa imej tomografi telah diperolehi. Saya menjalankan perkhidmatan pengimbasan paip dan tiang turus penyulingan menggunakan radioisotop terkedap dalam loji pemprosesan minyak Shell, Petronas, TITAN dan sebagainya. Pada tahun 2000 hingga 2002, berpeluang menyambung pelajaran ke peringkat Sarjana di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dengan tesis sarjana dalam menentukan kelakuan keretakan di dalam bahan dengan kaedah berangka unsur terhingga (*finite element method*) dan diarah bertugas dalam Kumpulan Teknologi Bahan (MTEC) untuk pembangunan sistem pengimejan neutron di Reaktor TRIGA PUSPATI (RTP) selama dua tahun.

Dalam tempoh setahun pada tahun 2004 dan 2005 pula bertugas sebagai penyelidik di *Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)* dalam bidang pembelauan neutron menggunakan reaktor nuklear penyelidikan JRRM-3 untuk analisis tegasan dalaman bahan dan simulasi kaedah unsur tak terhingga dan bertugas di MTEC. Tahun 2006 hingga 2010 saya melanjutkan pelajaran ke peringkat kedoktoran falsafah di Universiti Keele dalam bidang penghabluran polimer melalui kaedah terikan yang menggunakan kaedah pembelauan Sinar-X bersudut besar (WAXS) dan kaedah sinar-X bersudut kecil (SAXS) yang beresolusi dan berintensiti tinggi daripada *European Synchrotron Radiation Facility di Grenoble*.

Saya menyambung penglibatan dalam penyelidikan dan pembangunan radiografi tomografi neutron di RTP sehingga sekarang. Kemudahan ini sudah boleh digunakan untuk pengimejan neutron radiografi dan tomografi bagi pemeriksaan struktur dalaman bahan industri, pertanian, forensik dan objek warisan budaya. Namun, masih memerlukan penambahbaikan terutama bagi menambah resolusi imej radiografi dan penjanaan imej tomografi. Di samping itu, saya juga menjalankan penyelidikan dalam penghabluran polimer bersama penyelidik lain.



Adalah menjadi satu tanggungjawab kepada para penyelidik bagi memastikan hasil penyelidikan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat

DR. HASNI: Seperti yg diketahui semua, saya masih baharu di BTS. Penglibatan saya selama ini dalam bidang penyelidikan dan pembangunan kejuruteraan kerana saya ditugaskan di *Prototype and Plant Development Centre (PDC)*, Bahagian Sokongan Teknikal (BST). Sudah tentu fokus saya sekarang beralih kepada teknologi pemprosesan sinaran untuk menghasilkan produk R&D yang lebih berdaya saing, berkualiti, dan dapat dipasarkan di Malaysia. Saya akan cuba memperkenalkan teknologi dan produk sedia ada dan akan cuba untuk membawa produk yang tidak sampai kepada rakyat dan dapat diaplikasikan di bidang industri. Contohnya, kami telah membuat lawatan dan memperkenalkan produk salutan yang dihasilkan daripada minyak sawit sebagai resin salutan kraf kayu dan teknologi mesin UV sebagai perkakasan bagi proses kemasan permukaan kayu di Pusat Kraf Orang Asli Sungai Bumbun, Kampung Orang Asli Sungai Bumbun pada 29 Nov 2021 yang lalu. Adalah diharapkan, lawatan itu dapat memupuk budaya kreatif dan inovatif dalam menggunakan teknik baharu di samping dapat menyerap pengetahuan sains nuklear dalam bidang industri penyalutan dan penyinaran bagi aplikasi kemasan kayu kepada pengusaha kraf desa.

Fokus utama tugas saya adalah berasaskan bidang teknologi sinaran iaitu mewujudkan kepakaran dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran, membangunkan aplikasi teknologi sinaran dalam R&D bahan termaju serta pemuliharaan alam sekitar. Mewujudkan jalinan kolaborasi penyelidikan dengan rakan teknologi dari IPT/RI/industri dan institusi antarabangsa, dan pengkomersialan dan pemindahan teknologi atau produk kepada kumpulan sasaran dan sektor swasta

Apakah yang dimaksudkan dengan teknologi pemprosesan sinaran?

DR. RAWI: Teknologi pemprosesan sinaran adalah penggunaan sinaran mengion dan tak mengion di dalam pembinaan bahan baharu, atau penambahbaikan ciri dan sifat sesuatu bahan baharu atau bahan sedia ada, atau bertujuan menyahkuman yang boleh merosakkan bahan. Sinaran yang biasa digunakan adalah sinar gama, zarah elektron, cahaya ultralembayung, alur ion, alur neutron, alur zarah proton dan sebagainya. Di Nuklear Malaysia, sinaran yang digunakan di dalam memproses produk, bahan atau nyahkuman adalah alur zarah elektron dari Alurtron, Curetron dan sinar gama di kemudahan Sinagama. Asasnya, tindak balas yang

“Nuklear Malaysia juga menggunakan teknologi sinaran sebagai alternatif kepada kaedah kimia yang tidak selamat. Teknologi ini tidak memerlukan pemangkin atau bahan penambah untuk mencetuskan tindak balas.”-Dr Hasni

berlaku adalah sinaran akan mengubah sesuatu bahan melalui beberapa cara iaitu penghasilan radikal bebas yang bertindak dengan molekul atau rantai molekul sesuatu bahan, pengguntingan, cangkukan dan sebagainya. Proses pengguntingan misalnya akan menurunkan berat molekul sesuatu polimer manakala cangkukan membuatkan sesuatu polimer menjadi lebih kuat dan tahan tegasan dan regangan.

DR. HASNI: Nuklear Malaysia juga menggunakan teknologi sinaran sebagai alternatif kepada kaedah kimia yang tidak selamat. Teknologi ini tidak memerlukan pemangkin atau bahan penambah untuk mencetuskan tindak balas. Kebanyakan proses penghasilannya bersifat tindak balas serentak (*one-pot reaction*) yang memberi kelebihan dari segi penjimatan ruang dan masa penghasilan serta dapat mengurangkan operasi.



Saling berkongsi idea adalah kunci utama kejayaan sesebuah penyelidikan

“Penyelidik juga perlu gigih menyertai program pembangunan modal insan bagi mewujudkan dan meningkatkan sumber kepakaran tempatan dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran.” -Dr Hasni.

Apakah peranan Nuklear Malaysia melalui BTS dalam mengkomersialkan teknologi ini di Malaysia?

DR. RAWI: Peranan Nuklear Malaysia adalah jelas iaitu menjalankan penyelidikan dan pembangunan produk serta perkhidmatan yang melibatkan penggunaan elektron, gama, ultralembayung, dan neutron daripada kemudahan Alurtron, Sinagama, mesin UV dan RTP. Kemudahan ini menjadi printis kepada industri tempatan yang mana ada di antara pihak swasta telah membina loji untuk memberikan perkhidmatan penyinaran. Dalam kajian pembinaan bahan baharu misalnya untuk komposit, bahan polimer terlebih dahulu disinari dengan sinaran mengion untuk mendapat berat molekul yang sesuai. Antara produk yang dihasilkan daripada bahan yang diproses melalui sinaran adalah untuk komposit-bio sebagai tiang lada hitam, penguat tebing tanah, pelampung jeti dan pelampung sangkar ikan. Selain itu, penggalak tumbuhan bagi kegunaan pertanian yang berasaskan kulit udang yang disinari, misalnya Oligokitosan, telah berada di pasaran untuk kegunaan komersial. Penyalut kabel yang disinari juga sudah menjadi satu perkhidmatan rutin Nuklear Malaysia kepada pihak industri tempatan.

DR. HASNI: Kebanyakan kajian di BTS adalah melibatkan modifikasi bahan dengan menggunakan aplikasi teknologi sinaran bagi tujuan menghasilkan bahan termaju, memperbaiki atau menambahbaik sifat bahan bagi memenuhi spesifikasi dan keperluan penggunaannya dalam sektor industri. Contoh, wayar dan kabel kalis api, nanogel, resin UV *curable* dan sebagainya.

Selain itu, BTS juga menjalankan kerjasama penyelidikan bersama IPT/RI/industri untuk mempromosikan aplikasi teknologi sinaran. BTS mempunyai tiga loji perintis iaitu Loji Oligokitosan, Loji Sintesis dan Loji Polimer yang berfungsi menghasilkan produk-produk penyelidikan yang berpotensi untuk dikomersialkan.

“Nuklear Malaysia juga menggunakan teknologi sinaran sebagai alternatif kepada kaedah kimia yang tidak selamat. Teknologi ini tidak memerlukan pemangkin atau bahan penambah untuk mencetuskan tindak balas.”
– Dr. Hasni.

Apakah visi dan hala tuju bagi meningkatkan kecemerlangan, kebolehpasaran dan impak teknologi pemprosesan sinaran kepada negara?

DR. RAWI: Tumpuan yang diberikan adalah kekal iaitu fokus berkarya dalam pembangunan dan penggunaan teknologi pemprosesan sinaran bagi membantu masyarakat di Malaysia dan antarabangsa. Banyak geran penyelidikan diperolehi dan banyak penyelidikan telah dihasilkan. Saya percaya akan ada banyak lagi produk penyelidikan dapat direkapi.

Beberapa langkah promosi juga dijalankan seperti mengadakan lawatan kepada kumpulan sasaran yang dijangka menjadi pengguna kepada produk atau teknologi yang dihasilkan. Tumpuan utama adalah kepada projek penyelidikan yang memberikan output dan impak dalam jangka masa pendek (sekitar tiga tahun) seperti projek di bawah “Strategic Research Fund” MOSTI bagi penggunaan pemprosesan sinaran untuk pembinaan bahan baharu yang bersifat hijau, mesra alam sekitar dan manusia seperti pembuatan komponen binaan rumah dari komposit-bio, pembinaan bahan salutan komponen binaan rumah yang mempunyai ciri keselamatan radon dan sebagainya. Komponen bahan yang dibina pula terdiri daripada bahan tempatan, keadaan ini akan meningkatkan ekonomi pengusaha dalam komoditi yang terlibat, misalnya kenaf dan institut penyelidikan perubatan.

DR. HASNI: BTS juga sangat komited untuk menjadi pusat kecemerlangan dan rujukan aplikasi teknologi sinaran dalam penyelidikan bahan termaju dan pemuliharaan alam sekitar. Komitmen ini dijalankan dengan usaha mencari rakan strategik yang komited dalam menjalankan kolaborasi penyelidikan agar lebih banyak kajian lapangan dan khidmat komuniti untuk menunjukkan potensi dan keberkesanan produk-produk penyelidikan yang dihasilkan.

Bagaimana Dr. melihat potensi Nuklear Malaysia dalam bidang berkaitan teknologi pemprosesan sinaran?

DR. RAWI: Saya melihat Nuklear Malaysia sangat berpotensi dalam bidang berkaitan teknologi pemprosesan sinaran di Malaysia. Ini kerana sumber utama dalam teknologi ini iaitu punca sinaran berada dalam premis Nuklear Malaysia, dioperasikan dan diselenggarakan oleh Nuklear Malaysia. Saya yakin kerana sumber kepakaran yang melibatkan kendalian punca sinaran dan penyelidik berada di Nuklear Malaysia. Tambahan pula, loji sinaran telah dikendalikan dan digunakan dengan selamat sejak tahun 90an lagi. Kita pun sedia maklum terdapat beberapa syarikat swasta di Malaysia memiliki loji penyinaran sendiri yang mana pengalaman asal adalah dari pembangunan loji di Nuklear Malaysia sebagai asas kepada loji mereka. Walau bagaimanapun, penyelidik perlu banyak menjalankan kajian produk berbentuk komersial, meningkatkan kerjasama penyelidikan dengan syarikat swasta dan penglibatan dengan pihak *International Atomic Energy Agency (IAEA)* juga dapat dinyatakan bahawa teknologi pemprosesan sinaran akan terus berkembang di Malaysia. Teknologi pemprosesan ini masih relevan dan sesuai dengan pemodenan dalam dunia teknologi yang berlaku pada hari ini.

DR. HASNI: Nuklear Malaysia merupakan peneraju penggunaan teknologi sinaran dan menjadi pusat rujukan pengusaha-pengusaha industri. Produk dan hasil penyelidikan kita juga membuktikan bahawa aplikasi teknologi sinaran berpotensi dalam membantu meningkatkan produktiviti dan pendapatan sektor industri.

“Pengalaman ini sangat bermakna kerana memberi kesedaran dan peringatan kepada penyelidik amnya bahawa kerja penyelidikan perlu dilakukan melihat segenap aspek yang mana penting dan boleh mempengaruhi perjalanan projek masing-masing. Pengalaman ini menunjukkan kita tidak boleh lari dari masalah, sebaiknya cubalah selesaikan masalah dengan baik.”-Dr. Rawi



Menerima watikah pelantikan Pengarah Kanan (Program Pengurusan) daripada YBrs. Ts. Dr. Siti A'isah binti Hashim Ketua Pengarah Agensi Nuklear Malaysia



Kejayaan sesuatu penyelidikan ditentukan dengan keupayaan penyelidikan memenuhi kehendak pasaran semasa

“

“Kos yang tinggi dalam menyediakan fasiliti teknologi sinaran, serta kepentingan pengawalan dan perlindungan sinaran teknologi pengurusan sisa kimia dan sisa radioaktif adalah antara cabaran yang perlu dihadapi dalam bidang penyelidikan ini.”- Dr. Hasni.

”

Sebagai pegawai yang sedang berada pada kedudukan tertinggi dalam kerjaya, apakah kaedah yang digunakan dalam membantu mempromosikan teknologi pemprosesan sinaran di Malaysia?

DR. RAWI: Sebagai Pengarah Kanan Program Pengurusan, saya melihat banyak kaedah boleh digunakan untuk mempromosikan teknologi pemprosesan khasnya, dan Nuklear Malaysia serta MOSTI amnya. Promosi untuk bidang ini boleh dilakukan melalui pelbagai cabang media sosial, tetapi pendekatan ini perlukan daya kreativiti yang tinggi supaya bahan yang dihebahkan adalah tepat dan mudah difahami. Hal ini penting kerana teknologi nuklear adalah sensitif, mudah disalah ertikan oleh pihak tertentu. Sebagai contoh, pengumuman program promosi berimpak tinggi seperti Pameran Perdana Teknologi Nuklear dan program lain seumpamanya dapat membantu mempromosikan teknologi pemprosesan sinaran di Malaysia.

DR. HASNI: Manakala saya pula mempromosikan teknologi ini melalui Women in Nuclear (WiN) Malaysia yang ditubuhkan pada Mac 2014. Misi WiN dengan misi untuk menyokong penglibatan wanita dalam bidang nuklear. Saya diterima sebagai *National Chapter* di bawah *Win Global* pada Jun 2014. Melalui keanggotaan dalam *Win Global* dan dikenali oleh IAEA, WiN boleh mendapat manfaat latihan berkaitan aplikasi teknologi sinaran. WiN berperanan untuk berkongsi maklumat dan faedah teknologi nuklear dalam kehidupan seharian melalui ceramah dan persidangan. Kaedah pengumuman persidangan tahunan Win Malaysia merupakan satu platform yang boleh digunapakai dalam mempromosikan sumbangan semua, wanita dan lelaki, dalam aplikasi teknologi sinaran melalui perkongsian idea dan penemuan penyelidikan selain dapat mencari rakan strategik bagi mewujudkan peluang kerjasama penyelidikan di antara para penyelidik, ahli akademik, industri, pelajar dan orang ramai. Terbaru ialah pengumuman *WinSEA Mentorship talk* bersama WinSEA. Antara topik-topik yang dibincangkan adalah fizik, keselamatan, perundangan, perubatan, sekuriti dan ketakcambahan nuklear. Penceramah wanita, tempatan dan antarabangsa berkongsi pengalaman kerjaya, kepakaran serta masa depan dan kelestarian kerjaya di bidang masing-masing. Adalah menjadi harapan, ceramah dan perbincangan ini dapat menyuntik dan memberi semangat kepada para profesional muda di Asia Tenggara untuk terlibat dan membina kerjaya dan rangkaian dalam bidang nuklear.



Penyelidik perlu sentiasa berusaha menghasilkan produk berdaya saing

Bagaimana teknologi pemprosesan sinaran dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat, industri dan negara?

DR. RAWI: Masyarakat sebenarnya sudah mendapat banyak manfaat daripada teknologi pemprosesan sinaran. Cuma, manfaat tersebut kebanyakannya dirasai secara tidak langsung. Misalnya kebanyakan alat elektronik dibuat daripada bahan semikonduktor yang terlebih dahulu mengalami proses dopan dengan kaedah penyinaran. Sebahagian besar peralatan perubatan dinyahkuman menggunakan kaedah penyinaran. Selain contoh yang besar seperti penyinaran gama ke atas sarung tangan kegunaan perubatan, kotak penyinaran ultralembayung untuk nyahkuman yang dihasilkan oleh penyelidik BTS untuk kegunaan hospital adalah menunjukkan teknologi ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat terutama dalam mengekang virus Covid-19 semasa pandemik ini. Daripada dua contoh ini, dapat disebutkan bahawa masyarakat telah mendapat manfaat daripada teknologi pemprosesan sinaran yang diamalkan di Nuklear Malaysia khasnya. Pada pendapat saya, dua contoh ini sudah memadai untuk mengatakan bahawa teknologi pemprosesan sinaran mampu menyumbang kepada kesejahteraan masyarakat.

DR. HASNI: BTS telah menghasilkan dua produk penggalak pertumbuhan tanaman melalui aplikasi teknologi sinaran. Kedua-dua produk ini adalah berasaskan sumber semula jadi daripada kumpulan polisakarida iaitu kitosan (haiwan) dan karagenan (alga). Kajian dan pembangunan ke atas produk ini telah bermula di Nuklear Malaysia sejak tahun 2008 dengan membangunkan produk penggalak pertumbuhan tanaman bagi meningkatkan hasil dan kualiti pertanian serta membantu menjana lebih pendapatan di kalangan para petani di Malaysia melalui teknologi nuklear. Plot percubaan penanaman padi mutan 191 di Sungai Manik, Selangor oleh pasukan penyelidik Bahagian Agroteknologi dan Biosains (BAB) dan BTS dengan menggunakan empat kali semburan oligokitosan pada empat peringkat tumbesaran berbeza menunjukkan peningkatan hasil sebanyak 50%. Manakala kajian yang dijalankan oleh pihak penyelidik Nuklear Malaysia terhadap tanaman padi MR 219 di Kampung Gajah, Teluk Intan, Perak menunjukkan peningkatan hasil sehingga 25% dan berjaya mengurangkan kadar keterukan serangan karah. Bukan hanya itu, penggalak pertumbuhan tanaman juga berupaya mengaruh aktifkan sistem pertahanan atau imuniti tanaman terhadap rangsangan penyakit, serta tegangan persekitaran lain seperti pH tanah, lembapan dan suhu.



Hasil penyelidikan Nuklear Malaysia telah membuktikan aplikasi teknologi sinaran dapat meningkatkan produktiviti sektor industri



Menurut Dr. Hasni program pembangunan model insan penting bagi meningkatkan sumber kepakaran tempatan dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran



“Promosi untuk bidang ini boleh dilakukan melalui pelbagai cabang media sosial, tetapi pendekatan ini perlukan daya kreativiti yang tinggi supaya bahan yang dihebahkan adalah tepat dan mudah difahami. Hal ini penting kerana teknologi nuklear adalah sensitif, mudah di salah ertikan oleh pihak tertentu.” -Dr. Rawi



Bagaimana dengan penerimaan dan penggunaan teknologi ini di Malaysia berbanding negara lain?

DR. RAWI: Malaysia agak ke depan juga dalam penerimaan dan penggunaan teknologi pemprosesan sinaran berbanding negara lain, khasnya negara di rantau Asia Tenggara. Buktinya, sudah lebih 10 tahun Malaysia mendapat pengiktirafan oleh IAEA sebagai IAEA *International Collaborator Centre* di dalam skop yang berlainan terutama melibatkan industri berasaskan bahan polimer. Teknologi ini terbukti diterima dengan baik di Malaysia kerana beberapa syarikat swasta yang besar mempunyai loji dengan kapasiti komersial sedang beroperasi. Di peringkat akademik pula, ramai pelajar di peringkat pengajian tinggi menjalankan kajian tesis sarjana dan kedoktoran dalam teknologi ini. Saya percaya, sekiranya kaedah pemprosesan sinaran bagi mengeksport makanan dan buah-buahan dapat dilaksanakan di Nuklear Malaysia, Malaysia akan mampu bersaing dengan Vietnam dalam sektor ini.

DR. HASNI: Saya juga berpendapat penerimaan Malaysia terhadap teknologi sinaran pada masa kini semakin meningkat. Contohnya, penggunaan teknologi sinaran sebagai sistem nyah kuman yang boleh membunuh bakteria bagi mengawal penularan wabak Covid-19. Penggunaan teknologi sinaran dalam pembuatan produk taut-silang seperti penebat wayar dan kabel; tiub kecut haba dan bahan termaju polimer bagi kegunaan sektor industri. Selain itu, penggunaan teknologi sinaran yang digunakan dalam bidang perubatan membolehkan penghasilan zarah nano sebagai penghantar agen terapeutik kepada sel kanser, pembuatan perancah tisu (*scaffold*) dan pendiagnosan penyakit.

Apakah cabaran yang perlu dihadapi dalam bidang teknologi sinaran?

DR. RAWI: Perkara yang agak mencabar dalam bidang ini adalah kos teknologi penyinaran itu sendiri yang agak mahal. Teknologi agak mahal kerana komponen utama iaitu penjana sinaran perlu diimport dari luar negara. Maka teknologi sukar digunakan oleh pemain industri kecil dan sederhana. Padahal, jika keseluruhan kos ditambah dengan kualiti produk yang lebih baik, kos produk sebenarnya tidak terlalu tinggi bahkan berbaloi kepada pengguna. Tetapi kefahaman seperti tidak meluas khasnya kepada industri kecil dan sederhana. Walau bagaimana pun, peluang kerja di dalam bidang ini agak meluas kerana loji yang berjalan secara komersial mempunyai skala yang besar walaupun bilangannya tidak banyak. Tambahan pula, selain daripada bidang teknologi



TAHUKAH ANDA?

Antara kejayaan Nuklear Malaysia dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran:

- Menghasilkan pelbagai produk dan perkhidmatan seperti produk penggalak pertumbuhan (oligokitosan), hidrogel untuk *wound dressing*, *facial mask*, biocomposite, *UV curable resin* dan UVGI.
- Membina loji rintis di dalam Nuklear Malaysia dan dikembangkan (pemindahan teknologi) dengan loji komersial di luar Nuklear Malaysia.
- Memastikan loji pemprosesan sinaran dapat dijaga dan masih berjalan dengan baik sehingga kini.
- Menerbitkan kertas penyelidikan dalam teknologi pemprosesan sinaran dalam jurnal antarabangsa berimpak tinggi dan dalam jurnal tempatan.
- Melahirkan pakar bidang yang diiktiraf di peringkat antarabangsa.



TAHUKAH ANDA?

Antara penyelidikan berpotensi besar menyumbang kepada kesejahteraan masyarakat dan negara adalah:

i. Kitosan Tersinar Gama (Oligokitosan) sebagai Makanan Tambahan Ikan Air Tawar

Penambahan oligokitosan ke dalam makanan ternakan ikan telah memberikan impak positif yang berupaya meningkatkan tumbesaran ternakan ikan dengan cara meningkatkan pencernaan komposisi makanan ikan dan seterusnya menyumbang kepada pertambahan berat ternakan secara berkesan. Oligokitosan juga dapat memperbaiki fungsi sistem imunisasi ikan.

ii. Pembungkusan Makanan.

Nuklear Malaysia menjalankan penyelidikan penghasilan plastik mesra alam berasaskan kanji sagu dan polimer larut air melalui aplikasi teknik sinaran. Industri pembungkusan makanan telah menggalakkan pengusaha industri membangunkan bahan dan proses baharu bagi menghasilkan plastik yang boleh menjamin keselamatan dan memanjangkan jangka hayat makanan. Penggunaan teknik ini bertujuan menaut silang polimer tanpa menggunakan bahan kimia sebagai agen taut silang seperti asid borik, natrium borat dan epiklorohidrin.

iii. Gel Nano

Gel nano pula adalah merupakan gel tetap yang bersaiz kecil dalam lingkungan 1-1000 nm. Gel ini lazimnya terampai dalam medium cecair. Secara teknikal, gel nano dihasilkan menggunakan kaedah penyinaran terus larutan cair yang mengandungi monomer dengan menggunakan sinaran gama. Proses pembuatan dengan teknik sinaran mampu menghasilkan gel nano. Saiz zarahnya boleh dilaras antara 70 nm hingga ke 200 nm. Kelebihan gel nano terletak pada saiznya yang kecil dan stabil dalam cecair. Kelebihan ini membolehkan ia dihantar terus ke dalam tapak kanser dan bertahan lama dalam aliran darah tanpa dikumuh oleh organ badan seperti hati. Gel nano ini berupaya untuk dimuatkan dengan agen terapeutik bagi kegunaan rawatan kanser. Penggunaan gel nano ini membolehkan agen terapeutik digunakan pada kadar minimal bagi mengelakkan keadaan lampau dosis yang boleh membahayakan pesakit.

iv. Resin Sinaran Sawit

Resin sinaran sawit mempunyai potensi besar digunakan sebagai bahan salutan ke atas permukaan objek seperti kayu, logam dan bahan percetakan. Melalui proses dedahan resin terhadap sinaran ultralembayung (UV), bahan salutan pada permukaan objek mengalami tindak balas kimia taut-silang. Secara tidak langsung, proses ini dapat membantu mempercepatkan tempoh pengeringan bahan salutan yang lebih selamat dan mengurangkan perlepasan gas sebatian organik meruap (VOCs) ke persekitaran.

v. Projek Accelerator Technology and Applications

Diluluskan untuk mendapat geran penyelidikan di bawah "Strategic Research Fund", MOSTI bagi tempoh 2022 hingga 2025. Projek yang diluluskan di bawah program ini adalah seperti pembuatan bahan dan komponen bangunan berasaskan bio-komposit yang mesra alam sekitar, pembuatan penyalut permukaan yang bersifat anti-radon dan seumpamanya. Produk yang dijangka daripada program ini adalah bersifat mesra alam sekitar yang dapat mengurangkan kesan radon kepada persekitaran tempat tinggal Keluarga Malaysia.



Promosi produk dan perkhidmatan amat penting untuk menarik perhatian masyarakat dan pemain industri



Dr. Hasni semasa mengikut lawatan kerja YBrs.Ts. Dr. Siti A'iasah binti Hashim ke Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara (LKTN), Kelantan

Ringkaskan satu pengalaman R&D paling mencabar dalam bidang pemprosesan sinaran yang boleh diambil sebagai motivasi kepada yang lain?

DR. RAWI: Saya tidak lama dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran ini, jadi pengalaman dalam bidang ini tidaklah banyak. Tetapi pengalaman yang paling mencabar adalah apabila punca sinaran tidak ada, khasnya apabila satu tempoh semasa mesin alur elektron tidak dapat dioperasikan. Dalam tempoh tersebut banyak penyelidikan yang sedang berjalan mengalami kesukaran untuk meneruskan eksperimen dan kajian mereka. Ramai penyelidik yang awalnya menggunakan alur elektron mengubah kaedah kajian dengan menggunakan sinar gama dan ultralembayung. Kes ini menyebabkan beberapa cadangan awal terpaksa dipinda dan dimaklumkan kepada pemberi dana yang mana mengakibatkan persetujuan panel penilai projek dan sebagainya. Dalam masa yang sama, usaha memperbaiki mesin alur elektron berskala kecil dilakukan supaya boleh digunakan sebagai pengganti. Pengalaman ini sangat bermakna kerana memberi kesedaran dan peringatan kepada penyelidik bahawa kerja penyelidikan perlu dilakukan melihat segenap aspek yang mana penting dan boleh mempengaruhi perjalanan projek masing-masing. Selain dari itu, saya berpendapat pengalaman ini menunjukkan kita tidak boleh lari dari masalah, sebaiknya cubalah selesaikan masalah dengan baik.

DR. HASNI: Bagi saya pula, pengalaman paling mencabar dalam R&D adalah memasarkan hasil produk di pasaran tempatan dan penerimaan pihak industri.

Saranan penambahbaikan bagi memantapkan lagi bidang kajian dan meluaskan lagi penggunaan teknologi pemprosesan sinaran di Malaysia?

DR. RAWI: Untuk menambah baik dan memantapkan lagi bidang teknologi pemprosesan ini adalah dengan wujudnya Dasar Teknologi Nuklear Negara secara rasmi dan sah di sisi perundangan. Pada saya perkara ini penting kerana fungsinya adalah sebagai punca kuasa kepada pembangunan dan perjalanan teknologi ini di Malaysia. Alhamdulillah, Wawasan Nuklear Malaysia 2021-2030 telah dilancarkan, maka penyelidik mesti meneliti penyelidikan mereka supaya selari dengan perancangan dalam Wawasan Nuklear Malaysia 2021-2030 (WNM2030). Dua elemen tersebut menjadi tulang belakang kepada aktiviti bidang teknologi nuklear khasnya dan teknologi pemprosesan sinaran amnya. Langkah tambah baik yang mungkin dilakukan adalah membawa Dasar Teknologi Nuklear Negara ke peringkat yang lebih tinggi supaya dipersetujui dan dapat dilaksanakan secara rasmi. Langkah memastikan semua penyelidik dapat fokus kajian mereka dengan merujuk kepada WNM 2030 juga mesti diperiksa dari masa ke semasa.

DR. HASNI: Produk penyelidikan yang berpotensi dikomersialkan perlu diadaptasi dan digunakan di kementerian yang berkaitan. Perlu juga menyediakan dana khas untuk Nuklear Malaysia dalam membangunkan teknologi pemprosesan sinaran. Selain itu, perlu merencanakan penyebaran maklumat tentang aktiviti penyelidikan di Nuklear Malaysia dengan lebih agresif kepada orang awam untuk meningkatkan penerimaan teknologi ini.

Pesanan atau nasihat kepada semua rakan penyelidik dalam usaha meningkatkan kecemerlangan R&D teknologi pemprosesan sinaran?

DR. RAWI: Saya tidak ada nasihat atau pesanan, cuma saya ingin mengajak semua ahli keluarga Nuklear Malaysia supaya maju ke hadapan bersama-sama dalam suasana kerjasama yang harmoni. Saya yakin semangat kerjasama dalam suasana kekeluargaan ketika melakukan kerja adalah kunci untuk menjadikan suasana tempat kerja yang kondusif di Nuklear Malaysia. Itu saja cara yang baik untuk kita meningkatkan kecemerlangan R&D amnya di Nuklear Malaysia dan di dalam teknologi pemprosesan sinaran khasnya. Namun, kita tidak dapat lari daripada melakukan kesilapan, oleh itu, saya harap masalah yang timbul dapat di atasi dalam suasana harmoni, berlapang dada dalam suasana semangat kekitaan, supaya kerja yang kita buat di Nuklear Malaysia diberkati dan mendapat rahmat Allah swt. Akhir sekali, mari kita jadikan Nuklear Malaysia sebagai tempat yang seronok untuk kita hadir, kawan sekerja yang seronok untuk ditemui dan selepas pulang ke rumah kita merasa ingin segera kembali ke Nuklear Malaysia.

DR. HASNI: Sebagai penyelidik, kita perlu menjadi peneraju dalam R&D sains dan teknologi nuklear di Malaysia serta berusaha menghasilkan produk-produk yang berkualiti dan berdaya saing dalam memenuhi keperluan dan pasaran industri tempatan. Penyelidik juga perlu gigih menyertai program pembangunan modal insan bagi mewujudkan dan meningkatkan sumber kepakaran tempatan dalam bidang teknologi pemprosesan sinaran. Jalinan kerjasama penyelidikan dengan IPT/RI/industri dan institusi antarabangsa untuk berkongsi hasil penemuan, kepakaran dan kemahiran dalam



bidang teknologi sinaran. Aktif dalam pengkomersialan produk dan proses kepada kumpulan sasaran bagi menilai penerimaan teknologi ini di pasaran. Akhir sekali, keperluan untuk menghasilkan sesuatu yang boleh menyumbang kepada masyarakat supaya kebergantungan kepada negara luar dapat dielakkan terutama di masa pandemik. Menggunakan bahan tempatan senang diperolehi, dapat menjimat masa, mengurangkan harga, dan produk saintis kita dapat diketengahkan.



PROFIL

Nama	: Dr. Muhammad Rawi Bin Mohamed Zin
Jawatan / Gred	: Pengarah Kanan (Program Pengurusan)/ Jusa C
Jawatan Tertinggi	: Pengarah Kanan (Program Pengurusan)
Tarikh Mula Berkhidmat	: 03 Julai 1995
Tahap Pendidikan	: Doktor Falsafah
Tarikh Lahir	: 08 September 1968
Tempat Lahir	: Machang, Kelantan
Bilangan Adik Beradik	: 4 (2 Perempuan, 2 Lelaki)
Anak Ke Berapa	: Ke-4
Nama Isteri/Suami	: Dr. Zaliah Binti Takrim
Bil. Anak	: 4
Bil. Penerbitan	: Hampir 80 artikel
Bil. Buku	: 2 Buah

Nama	: Dr. Hasni Binti Hasan
Jawatan/Gred	: Pengarah Bahagian Teknologi Pemprosesan Sinaran/ Q54.
Jawatan Tertinggi	: Pengarah Bahagian
Tarikh Mula Berkhidmat	: 30 Julai 1994
Bil. Tahun Berkhidmat	: 24 Tahun (cuti tanpa gaji 3 tahun)
Tarikh Lahir	: 30 April 1968
Tempat Lahir	: Baling, Kedah
Bilangan Adik Beradik	: 4 (3 Perempuan, 1 Lelaki)
Anak Ke Berapa	: Ke-2
Nama Isteri/Suami	: Mohd Sohaimi Bin Ramli
Bilangan Anak	: 4
Pencapaian dan Anugerah	: 1 Paten, <i>Newcastle University</i>
Bil. Penerbitan	: 20 penerbitan. <i>Quality Management System</i> – dokumen perlesenan untuk operasi <i>mobile hot cell</i>
Bil. Buku	: Penulis bersama bab dalam buku
Tahap Pendidikan	: Doktor Falsafah

Tahukah anda, teknologi pemprosesan sinaran adalah teknologi yang mesra alam sekitar. Artikel ini akan memperkenalkan pelbagai aplikasi teknologi ini dalam kehidupan kita yang lebih mesra alam.



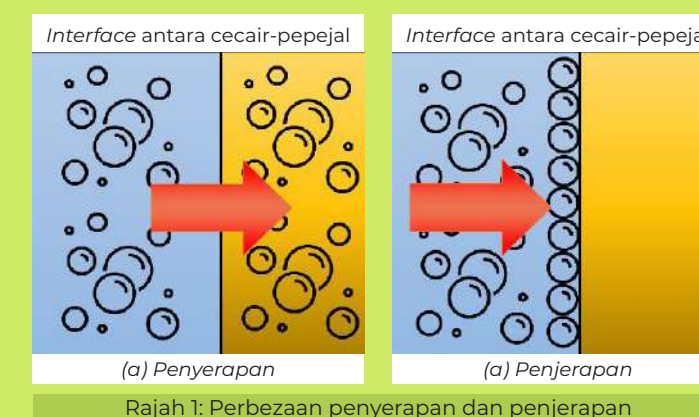
Aplikasi **Teknologi Sinaran** Mesra Alam Sekitar

Nor Azillah Fatimah Othman, PhD, Khomsaton Abu Bakar, Sarala Selambakkannu, Norshafarina Ismail & Nor Azwin Shukri

PROSES PENJERAP

Apa Itu Penjerap?

Perkataan “serap” mungkin sudah sinonim dan biasa didengari dalam kehidupan seharian kita, tetapi perkataan “jerap” jarang disebut. Kosa kata “jerap” mengikut Dewan Bahasa dan Pustaka (DBP) bermaksud melekat atau merekat kerana sesuatu proses pada sesuatu permukaan pepejal atau cecair. Manakala penyerapan adalah satu proses di mana satu bahan itu berpindah atau mengalir dari satu fasa ke fizikal satu bahan yang lain dari fasa yang berbeza secara menyeluruh. Kedua proses ini digambarkan dalam Rajah 1.



Konsep penjerapan sudah lama diaplikasikan dalam kehidupan seharian kita. Sebagai contoh, terdapat banyak produk komersil arang aktif yang terdapat di pasaran. Arang aktif berguna untuk menyerap bahan organik seperti bau dan kekotoran. Proses penjerapan di mana arang aktif berfungsi sebagai penjerap dan bahan organik tersebut adalah *adsorbate*. Konsep penjerapan juga digunapakai dalam pelbagai bidang lain, sebagai contoh penapis dalam rawatan sisa air, pengekstrakan logam dari larutan akueus dan juga untuk menyerap protein ke biomaterial.

Teknik Pempolimeran Cangkuk dalam Penghasilan Penjerap

Teknik pempolimeran cangkuk adalah salah satu teknik pengubahsuaian polimer yang popular dalam penghasilan penjerap. Pencangkukan ialah melekatkan satu unit atau lebih rangkaian kimia kepada rangkaian molekul utama. Tujuan pencangkukan adalah untuk mencantumkan monomer bagi mendapatkan sifat kimia yang berbeza dengan sifat kimia molekul utama. Penyelidikan pempolimeran cangkuk di Nuklear Malaysia lebih tertumpu kepada teknik pencetus sinaran menggunakan alur elektron atau sinar gama.

Mungkin penjelasan di atas sukar untuk difahami kerana terlalu teknikal, tetapi sebenarnya teknik pencangkukkan ini sudah lama dipraktikkan dalam bidang pertanian. Pernah dengar istilah “Tut” dalam pembiakan pokok? Ya, konsep yang digunapakai adalah sama! Bayangkan pokok tersebut adalah rantai molekul utama dan dahan yang berdaun itu adalah monomer yang akan dicangkukkan kepada rantaian molekul utama tersebut. Rantai molekul utama itu perlu diputuskan terlebih dahulu dengan sinaran bertenaga tinggi sebelum dicantumkan dengan monomer yang baharu.

Aplikasi Penjerap dalam Kehidupan

Penjerap memainkan peranan penting dalam menyingkirkan pencemar logam berat atau logam toksik dalam rawatan air dengan menggunakan penjerap logam. Penjerap lain juga boleh diaplikasikan dalam pelbagai bidang seperti penjerap zeolit bagi bidang pertanian, penjerap gas bagi mengurangkan pencemaran udara dan arang aktif yang digunakan untuk mengatasi keracunan makanan.

Proses pencangkukan dalam penghasilan penjerap berupaya mengubahsuai sifat kimia dan sifat fizik bahan polimer asal. Menerusi proses pencangkukan, kumpulan berfungsi akan diperkenalkan kepada bahan polimer asal. Kehadiran kumpulan berfungsi pada polimer yang membolehkan polimer tersebut bertindak secara khusus untuk aplikasi tertentu. Oleh itu, tidak hairanlah penjerap ini boleh dihasilkan untuk pelbagai kegunaan.

RAWATAN SISA AIR INDUSTRI

Pengenalan

Sisa air industri adalah sebarang sisa dalam bentuk cecair yang dihasilkan daripada premis perindustrian. Pelepasan sisa air industri yang gagal mematuhi Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling Efluen Perindustrian 2009 akan memberi kesan ke atas alam sekitar termasuk sungai dan perairan pantai. Pembuangan sisa air dari loji rawatan kumbahan dalam industri pertanian menambah beban nutrien dan menyumbang kepada masalah eutrofikasi dalam air sungai dan perairan pantai. Manakala pelepasan sisa air dari industri berasaskan kimia mewujudkan bau busuk, perubahan warna dan merosakkan kualiti air. Teknologi rawatan sisa air konvensional merangkumi penapisan, rawatan kimia dan biologi. Teknologi sinaran berdasarkan proses pengoksidaan termaju yang menggunakan sinaran elektron dan gamma berpotensi sebagai solusi mengatasi masalah pencemar kompleks dan pencemar mikro di dalam sisa air.

Kelebihan Teknologi Sinaran (Sinaran Elektron) sebagai Rawatan Sisa Air

- Degradasi pencemar organik dengan tindak balas radikal
- Menghilangkan warna dengan memusnahkan ikatan berganda
- Menghilangkan bau dengan tindak balas radikal
- Pemusnahan endokrin dengan tindak balas radikal
- Pensterilan dengan pemusnahan DNA
- Kitar semula untuk pelbagai kegunaan

Rawatan Sisa Air Industri di Nuklear Malaysia

1) Sinaran Elektron dalam Rawatan Sisa Air Industri Tekstil: Kesan Penyahwarnaan ke atas Biodegradasi.

Sisa air industri boleh di rawat dengan sinaran elektron supaya memberi kesan positif ke atas proses degradasi terhadap bahan kimia pewarna dalam industri tekstil. Contoh sisa air tekstil dari kilang di kawasan perindustrian Rawang ditunjukkan dalam Rajah 2. Sinaran elektron mengakibatkan kepekatan warna sisa air berkurangan akibat pemutusan rantaian bahan kimia pewarna. Penyelidikan menghasilkan skala warna sebagai penunjuk peringkat biodegradasi untuk memastikan keberkesanan rawatan biologi seperti di Rajah 3.



Rajah 2: Mesin pemecut elektron EPS 3 dan set rawatan biologi di makmal

BIODEGRADABILITY	COLOR(ADMI)	APPEARANCE
< 0.47	> 1483	
0.49 – 0.51	740 - 820	
0.52 – 0.54	648 - 663	
0.64	>340	

Rajah 3: Skala warna sebagai indikator biodegradasi air sisa terawat sinaran

2) Sinaran Elektron Membantu Penyingkiran Sisa Bahan Farmasi dalam Kumbahan Domestik

Sisa air kumbahan mengandungi sisa ubatan telah dirawat menggunakan mesin pemecut elektron LEEA (Rajah 4) dan mendapati sisa ubatan terdegradasi dengan sinaran pada dos 10kGy. Bagaimanapun, degradasi sepenuhnya gagal tercapai walaupun disinarkan pada dos 100kGy. Ujian percambahan benih kacang hijau dilakukan untuk menentukan paras ketoksikan sisa air selepas sinaran menunjukkan paras ketoksikan berkurangan pada dos yang tinggi seperti di Rajah 5.



Rajah 4: Mesin pemecut elektron kuasa rendah (LEEAA)



Rajah 5: Percambahan benih kacang hijau sebagai indikator ujian ketoksikan sisa air kumbahan selepas sinaran

Hala Tuju Penyelidikan

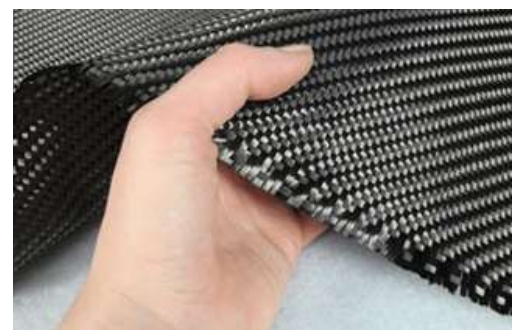
Pemindahan hasil kajian kepada industri terlibat memerlukan loji perintis untuk meyakinkan keberkesanan sinaran dalam merawat kumbahan industri pada skala yang lebih besar. Fasiliti mesin pemecut sinaran elektron ELV4 berkuasa 1 MeV di ALURTRON diperlukan untuk beroperasi secara optima untuk merealisasikan halatuju tersebut.

PENSTERILAN ENAP CEMAR KUMBAHAN

Enap cemar kumbahan merupakan sisa separa pejal serta produk sampingan yang terhasil daripada rawatan kumbahan. Proses untuk penyingkiran bahan buangan dari sisa air domestik dikenali sebagai rawatan kumbahan untuk memelihara sumber air, melindungi kesihatan awam dan mewujudkan persekitaran yang bersih serta selamat. Manakala, rawatan kumbahan tertumpu kepada penyingkiran bahan terapung, rawatan organik terbiodegradasi dan penyingkiran organisma patogenik. Sumber sisa air domestik adalah termasuk daripada air dari sinki, tandas, dapur, mesin basuh dan tab mandi yang lazimnya mengandungi bahan-bahan seperti minyak, sisa makanan, sisa manusia, bahan kimia dan sabun. Secara amnya, rawatan kumbahan terhadap sisa air domestik merangkumi pelbagai kaedah seperti fizikal, kimia serta biologi supaya boleh menghasilkan air buangan yang selamat kepada alam sekitar.

Teknologi sinaran adalah salah satu teknik yang berkesan untuk rawatan enap cemar kumbahan dan juga digunakan secara meluas di seluruh dunia. Rawatan sinaran enap cemar kumbahan menawarkan banyak kelebihan berbanding dengan teknik konvensional. Keadaan ini boleh mengurangkan patogen ke tahap yang lebih selamat dengan cekap dan juga mampu mengoksidakan bahan pencemar organik toksik dan berbahaya. Sinaran alur elektron serta gama sesuai untuk aplikasi dan ianya adalah lebih selamat dan mudah untuk digunakan dalam rawatan enap cemar kumbahan.

Perubahan kimia dalam mikroorganisma terhadap kesan pendedahan sinaran adalah secara faktor fizikal dan fisiologi yang memainkan peranan penting terhadap tindak balas organisma yang aktif dengan dos sinaran yang diserap. Sinaran memberi kesan kepada mikroorganisma secara langsung atau tidak langsung. Kedua-dua kesan langsung dan tidak langsung ke atas mikroorganisma dengan membawa kepada kerosakan dalam bahan genetik seperti DNA dan RNA dan bertujuan dalam pembasmian kuman dicapai dengan membunuh sel. Beberapa kajian oleh beberapa ahli penyelidik dijalankan bagi mengenal pasti dos optimum yang diperlukan untuk penyahaktifan mikroorganisma ke tahap yang lebih selamat. Kebanyakan kajian bersetuju bahawa, dos yang rendah adalah mencukupi untuk menyahaktifkan mikroorganisma ke tahap yang lebih selamat. Oleh itu, penggunaan teknologi sinaran dalam proses rawatan enap cemar adalah lebih cepat, mudah, berkesan, bebas dari bahan kimia dan mesra alam. Enap cemar kumbahan yang telah dirawat dengan menggunakan teknologi sinaran adalah sesuai serta selamat digunakan sebagai baja. Rajah 6 menunjukkan perbandingan teknik yang tersedia ada dengan teknik teknologi sinaran bagi rawatan enap cemar kumbahan.



Rajah 7: Aplikasi gentian karbon sebagai *pre-impregnated* (prepreg) komposit

GENTIAN KARBON

Pengitaran Semula

Kitar semula ialah satu aktiviti pengurusan sisa. Secara amnya pengurusan sisa ini mempunyai hirarkinya yang tersendiri, iaitu dimulai dengan pengurangan, penggunaan semula dan pengitaran semula. Malaysia komited dalam aktiviti pengurusan sisa ini. Pelbagai inisiatif disediakan oleh kerajaan dalam memastikan kelestarian alam sekitar. Menerusi program *waste to wealth*, bahan yang sepatutnya dibuang, dijadikan produk sama atau sumber yang mendatangkan nilai kepada alam sekitar, kewangan, mahupun faedah sosial. Sebagai contoh, bahan buangan dalam sektor pembuatan.

Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP)

Pengitaran semula gentian karbon merupakan salah satu contoh usaha pengurusan sisa yang mendapat perhatian antarabangsa. Gentian karbon merupakan bahan pengukuh di dalam komposit *carbon fiber reinforced polymer* (CFRP). Komposit ini digunakan sebagai bahan asas di dalam pembuatan aeroangkasa. Penggunaan bahan ini merangkumi 70% daripada keseluruhan sesebuah pesawat komersial. Pemilihan bahan ini sebagai bahan utama adalah kerana sifat komposit ini yang ringan tetapi mempunyai kekuatan yang tinggi, berbanding penggunaan bahan aloi, yang mempunyai nisbah kekuatan kepada berat yang rendah (Rajah 7). Selain itu, syarat keperluan di Eropah dari aspek alam sekitar juga menyumbang kepada permintaan penggunaan bahan ini.

MESRA ALAM

Selaras dengan usaha kerajaan memelihara alam sekitar, penyelidik di Nuklear Malaysia telah menjalankan penyelidikan untuk menghasilkan pembungkus makanan yang mesra alam. Kesannya dijangka dapat meminimumkan sisa pembungkusan plastik sekali guna terhadap alam sekitar di samping mengekalkan objektif pembungkusan makanan untuk menjaga keselamatan dan kesegaran makanan.

Kajian yang dilakukan di Nuklear Malaysia tertumpu kepada penghasilan bioplastik daripada campuran *polivinil alcohol* (PVA), sagu dan penambah *cinnamaldehyde* menggunakan aplikasi teknologi sinaran alur elektron untuk meningkatkan fungsi pembungkus makanan yang mampu meningkatkan jangka hayat makanan dan mampu terurai secara semulajadi (Rajah 8).

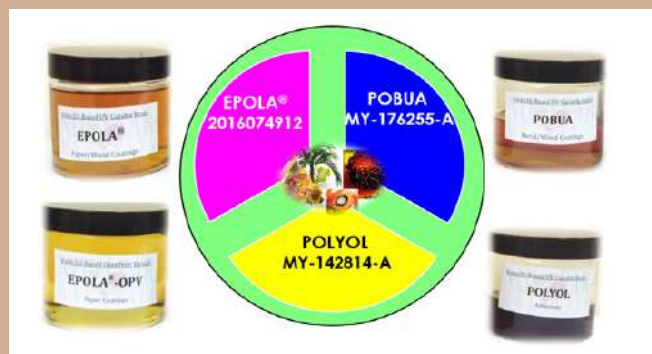
Bioplastik yang dihasilkan ternyata mampu



Rajah 8: Prototaip produk bioplastik menggunakan teknologi sinaran alur elektron sebagai pembungkus roti

memanjangkan jangka hayat roti apabila diuji keberkesanannya sebagai pembungkus makanan. Selain itu, bioplastik tersebut juga mempunyai kebolehan untuk melalui proses degradasi oleh mikroorganisma hidup (contoh: bakteria, kulat) yang terdapat dalam persekitaran semula jadi. Proses ini berlaku melalui tindak balas antara enzim kimia yang dirembeskan oleh organisma dan rantai polimer. Hasil daripada degradasi tersebut ialah air, karbon dioksida, dan biojisim dan berlaku dalam tempoh masa yang singkat berbanding beg plastik biasa yang mengambil masa 500 sehingga 1000 tahun untuk terurai.

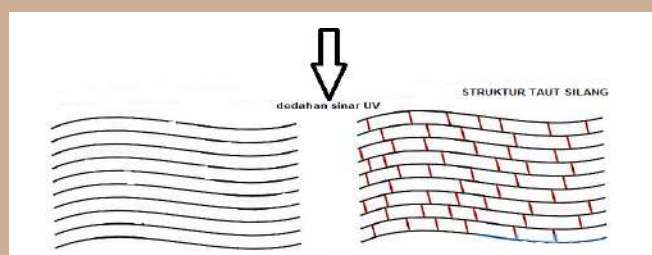
Resin sawit berasaskan polimer semulajadi adalah bersifat mesra alam, biodegradasi dan tidak toksik. Epola®, POBUA dan Polyol adalah produk resin sinaran salutan sawit yang dibangunkan oleh Nuklear Malaysia yang memiliki cap dagangan dan hak paten (Rajah 1). Pelbagai pendekatan telah dijalankan oleh penyelidik dalam rangka mengoptimum dan menserasikan sifat minyak sawit sebagai salutan hidrofobik dan salutan antikarat (Rajah 2). Sudut sentuhan salutan minyak sawit pada 112° merupakan kelebihan semulajadi yang menjadikan minyak sawit bersifat hidrofobik dan dijadikan asas sebagai bahan antikarat kerana sifat ini dapat menyahkan unsur air (OH) dan seterusnya mengelakkan kakisan logam (Rajah 3). Pengkayaan unsur heteroatom seperti N dan O terutama di dalam minyak sawit juga telah memberi kelebihan sifat penjerapannya pada permukaan logam iaitu berupaya menghalang penembusan agen anti karat (OH^- , Cl^- , O_2) dan seterusnya melambatkan proses kakisan.



Rajah 1: Produk resin sawit yang dipatenkan



Rajah 2: Ujian antikarat menggunakan resin salutan sawit



Rajah 4: Pembentukan jaringan taut silang di bawah



Rajah 3: Sudut sentuhan bagi air di atas

Disamping itu juga kemampuan resin sawit membentuk struktur jaringan padat iaitu ikatan taut silang di dalam matrik polimer setelah dimodifikasi melalui proses sinaran UV (Rajah 4) terbukti dapat menghalang penembusan agen pengaratan ke permukaan logam. Hal ini sejajar dengan hasil makmal yang diperolehi bagi nilai rintangan salutan pematangan polimer berasaskan minyak sawit iaitu POBUA yang mana nilai rintangannya melebihi julat $10^6 \Omega \text{ cm}^2$ yang menunjukkan sifat kerintangan terhadap kakisan secara semulajadi. Secara konsepnya, kesan dari ikatan taut silang dapat menurunkan kadar kereaktifan kimia bahan polimer di mana ia yang menghalang berlakunya mobiliti atom terhadap tindak balas yang berterusan.

Ciri-ciri yang telah dinyatakan di atas telah menjadikan produk resin sinaran salutan sawit berpotensi digunakan sebagai bahan salutan dalam industri percetakan, logam, bangunan, pembinaan dan perkayuan (Rajah 5). Sebagai contoh, resin EPOLA® berpotensi diformulasikan sebagai produk pelekat untuk pembuatan pita, pelekat sensitif tekanan (PSA), 3M dan pelekat am kerana memiliki sifat kelekitan permukaan, lekatan kulit, dan rintangan kekedutan yang setanding dengan



5A: OPV



5B: Salutan kayu



5C: Pelekat

Kebolegunaan Resin Sinaran Salutan Sawit

Mohd Sofian Alias & Rida Tajau, PhD

sifat produk pelekat komersil. Selain itu, EPOLA® sebagai bahan salutan pada halaman bercetak atau dikenali sebagai varnis cetakan (OPV) berpotensi meningkatkan kilauan, memiliki sifat ketahanan terhadap perubahan warna akibat penyerapan kekotoran persekitaran dan mempunyai sifat lekatan yang sangat baik.

Oleh itu, kajian pembangunan produk salutan resin sawit telah berjaya menarik perhatian golongan penyelidik kerana kebolehgunaannya dalam pelbagai bidang industri bagi memenuhi keperluan penghasilan resin salutan daripada sumber asli berbanding resin petrokimia yang cenderung menyebabkan ketoksikan kepada pengguna dan alam sekitar selain menggantikan kebergantungan industri tempatan terhadap produk salutan petrokimia.



TEKNOLOGI PEMROSESAN SINARAN dalam Penghasilan Jacket Antibalistik

Ts. Mohd Hamzah Harun, PhD

Jaket kalis peluru biasa digunakan oleh tentera di medan perang. Jaket ini juga dipakai oleh anggota polis ketika membuat operasi membanteras jenayah. Pasaran jaket kalis peluru menunjukkan masa depan yang cerah kerana potensi pasarannya meningkat sepanjang tahun. Pasarannya pada tahun 2019 berjumlah USD1.45 bilion yang diunjurkan meningkat kepada 6.5 peratus pada tahun 2026. Keadaan geopolitik dunia ekoran tuntutan wilayah dan ketegangan di sempadan menjadi punca peningkatan kepada pasaran jaket balistik ini. Kemajuan teknologi seperti keupayaan penghasilan dan aplikasi bahan nano, aplikasi plat titanium dan fiber yang fleksibel menjadi daya penolak bagi negara maju dan negara yang pesat membangun untuk membangunkan teknologi jaket kalis peluru yang canggih dan berdaya maju.



Rajah 2: Pasaran jaket kalis peluru dunia
Sumber: www.gminsights.com



Rajah 3: Trauma tumpul pada badan manusia



Rajah 4: Saiz peluru dan ukurannya

Jaket yang berupaya menyelamatkan nyawa ini terdiri daripada dua komponen penting. Komponen pertama ialah perisai keras (*hard armor*) yang biasanya terdiri daripada kepingan seramik yang berupaya menghentikan peluru. Komponen kedua dipanggil sebagai trauma tumpul (*blunt trauma*) yang terjadi kerana inersia peluru yang berupaya menjejaskan organ dalaman manusia kerana daya impuls yang tertahan selepas menembusi perisai keras.

Untuk mencantumkan perisai keras dan perisai lembut, penggunaan resin yang disediakan secara tradisional yang melibatkan banyak pelarut kimia digunakan seperti stirena dan aseton yang berbau, karsinogenik kepada manusia dan tidak mesra alam sekitar. Penghasilan jaket kalis peluru melalui percantuman perisai keras dan lembut menggunakan teknik sinaran melibatkan resin terawat sinaran yang terdiri daripada resin epoksi dan uretana akrilat yang diformulasikan dengan pemula foto. Bahan ini berupaya menyerap cahaya ultraungu dalam spektrum cahaya nampak. Bahan-bahan yang digunakan tidak berbau, tiada penggunaan pelarut dan formulasi resin matang dengan amat cepat iaitu sekitar 40 saat.

Selain itu, untuk menguatkan lagi kekuatan perisai lembut bagi menyerap trauma tumpul, teknik impregnasi diperkenalkan. Teknik ini melibatkan pemvakuman bahan perisai lembut yang kemudiannya diisi dengan formulasi resin. Teknik ini merupakan proses dua langkah yang dipercayai dapat meningkatkan ketahanan jaket terhadap kekalisan peluru.

Hasil ujian tembakan yang diadakan di Institut Penyelidikan Sains dan Pertahanan (STRIDE) yang dilaksanakan di Batu Arang, Selangor menunjukkan jaket kalis peluru yang dicantum dengan kaedah pemprosesan sinaran mencukupi kriteria ketahanan bebas impak yang besar. Hasil kajian ini membantu Nuklear Malaysia dan MOSTI melalui Cabaran Besar Malaysia mencapai aspirasi (*Malaysia Grand Challenge*) untuk menjayakan Dasar Sains, Teknologi dan Inovasi terutamanya dalam menghasilkan kepakaran tempatan, pemanfaatan bahan tempatan dan berupaya memasarkan produk kepada global.

Jenis perisai	Pemerhatian	Kedalaman projektil (mm)
Teknik impregnasi resin	Tidak tembus	11
Teknik rendaman resin	Tidak tembus	26
Sampel pasaran	Tidak tembus	40

TEKNOLOGI PEMROSESAN SINARAN

dalam Pembangunan Produk Perubatan dan Sokongan Kesihatan

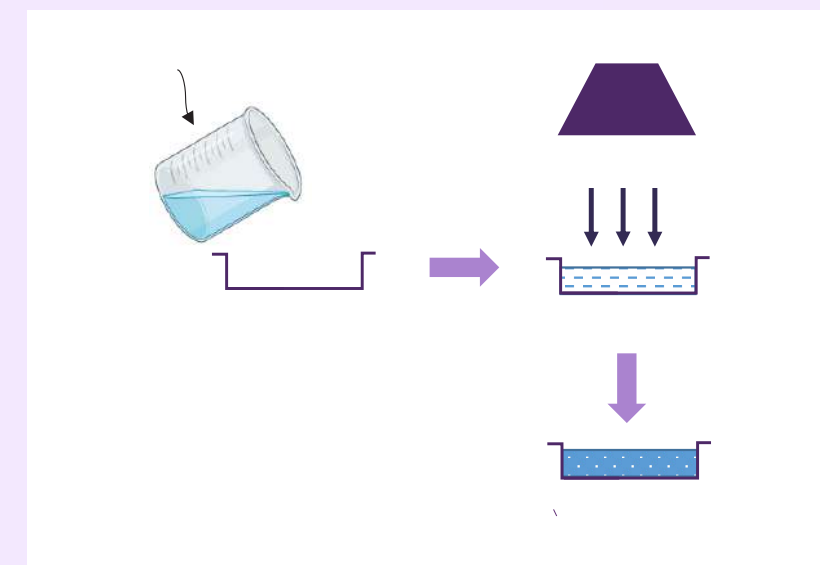
Mohd Yusof Hamzah, PhD, Rida Tajau, PhD & Naurah Mat Isa, PhD

Secara umumnya, aplikasi sinaran dalam bidang perubatan dan kesihatan lebih sinonim dengan aplikasi sinaran secara langsung seperti sinaran sinar-X untuk tujuan imbasan organ dalaman serta penggunaan radioterapi dalam rawatan kanser. Tahukah anda, teknologi sinaran mempunyai banyak lagi manfaat lain dalam perubatan? Pelbagai produk perubatan dan sokongan kesihatan dapat dihasilkan dengan menggunakan teknologi sinaran. Antara sinaran yang biasa digunakan dalam pembangunan produk tersebut adalah sinar elektron, gama, neutron dan ultra lembayung (UV). Artikel ini akan membincangkan bagaimana dua jenis sinaran mengion, iaitu sinar elektron dan sinar gama dan satu jenis sinaran tidak mengion iaitu sinaran UV digunakan dalam penghasilan produk sokongan bagi perawatan dan nyahkuman.

Produk gel secara umumnya banyak digunakan sebagai bahan sokongan perawatan kulit dan sebagai kapsul pembawa ubatan dalam rawatan kanser. Gel yang dibangunkan dengan menggunakan teknik sinaran banyak memberi manfaat untuk pembentukan rantai molekul tanpa penggunaan bahan kimia. Bahan yang terhasil dari tindak balas sinaran berupaya membentuk pelbagai jenis gel seperti lapisan hidrogel dan partikel gel bersaiz nano. Setiap bentuk memiliki ciri-ciri khas bagi rawatan yang diperlukan.

Produk hidrogel dan nanogel banyak digunakan sebagai bahan dalam perawatan kerana boleh ditambah dengan pelbagai bahan tambah aktif khusus untuk tujuan merawat. Gel ini terhasil daripada campuran beberapa bahan monomer dan dipanaskan pada suhu tertentu. Kebiasaan gel yang diperlukan adalah terdiri daripada bahan kimia merbahaya, seperti kalium persulfat, bis-akrilamida dan tetra-metilindiamina. Sekiranya gel tersebut bertujuan untuk merawat kulit mahupun kegunaan dalam badan manusia, bahan-bahan kimia ini tidak dapat digunakan kerana sifatnya yang boleh menyebabkan kanser (karsinogenik). Langkah alternatif bagi penghasilan gel tanpa menggunakan bahan kimia merbahaya adalah dengan menggunakan teknik sinaran. Teknik ini sangat mudah kerana sinaran yang dikenakan pada campuran monomer akan menghasilkan gel yang sama kualiti seperti kaedah biasa. Gel ini juga selamat digunakan kerana tiada bahan kimia yang tersisa semasa penghasilan.

Di Nuklear Malaysia, teknologi sinaran ini telah lama digunakan dalam penghasilan gel. Selain berfungsi untuk pembentukan gel, sinaran yang dikenakan juga turut memberi kesan nyahkuman pada produk gel yang diproses. Gel yang terhasil boleh terus digunakan untuk rawatan tanpa perlu langkah pensterilan tambahan. Antara produk hidrogel yang telah dihasilkan di Nuklear Malaysia adalah hidrogel untuk rawatan muka, gel penampal luka dan zarah gel nano untuk rawatan kanser.



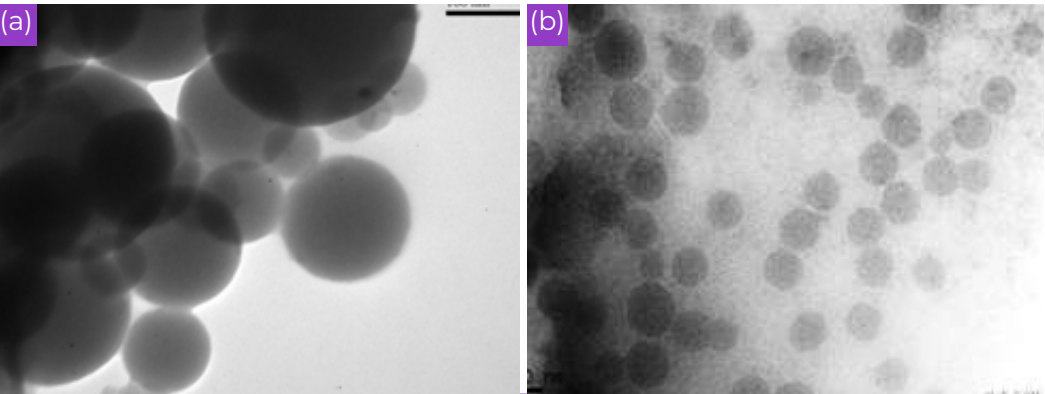
Rajah 1: Kaedah penghasilan hidrogel menggunakan sinaran elektron

Penghasilan kepingan hidrogel dari bahan semulajadi yang dibangunkan di Nuklear Malaysia biasanya menggunakan sinaran elektron (Rajah 1). Antara bahan semulajadi yang kerap dicampur dengan polimer biodegradasi sebagai asas hidrogel ialah tepung sagu dan tepung ubi kayu. Campuran ini biasanya dilarutkan dan kemudiannya dituang ke dalam acuan sebelum disinarkan menjadi kepingan gel. Bagi penghasilan hidrogel perawat luka, bahan aktif seperti kitosan atau madu boleh ditambahkan ke dalam gel sebagai agen anti kuman dan perawatan.

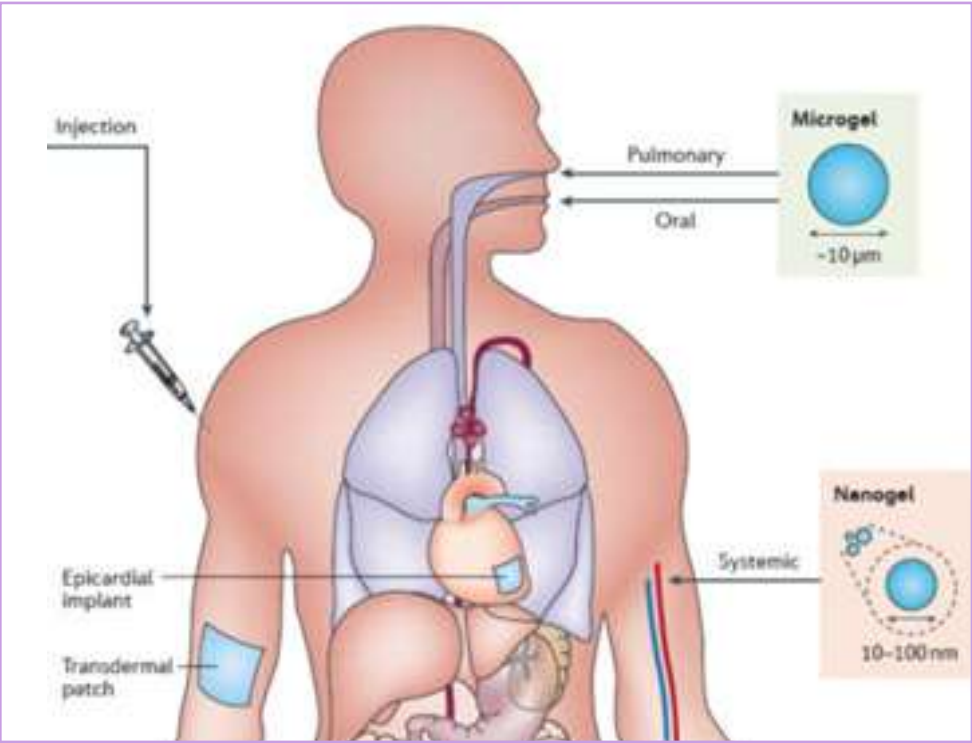


Rajah 2: Hidrogel perawat luka berasaskan kitosan dan topeng muka kosmetik berasaskan sago yang dibangunkan di Nuklear Malaysia

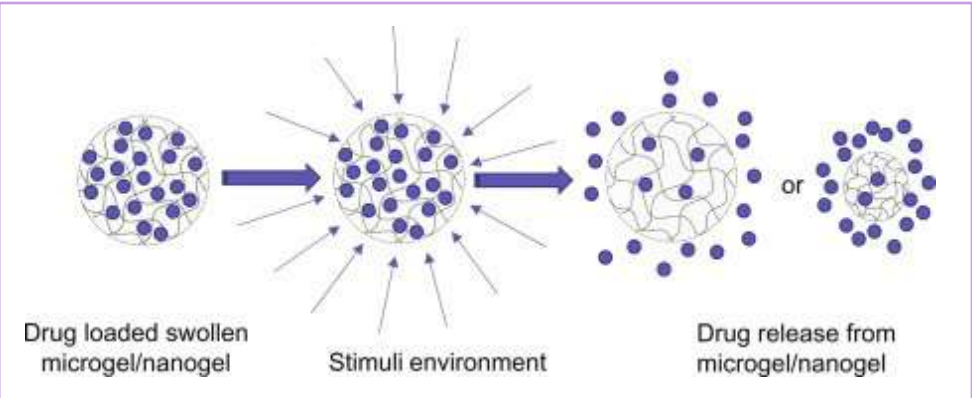
Selain daripada penghasilan gel berbentuk kepingan, Nuklear Malaysia juga turut membangunkan gel yang berbentuk zarah kecil yang stabil di dalam larutan. Gel ini dinamakan gel nano kerana saiz diameternya tidak melebihi 1000 nm (Rajah 3). Gel ini sengaja direka khas pada saiz nano untuk membolehkannya stabil dalam cecair darah sementara dihantar terus ke organ dalam badan yang mempunyai kanser. Zarah gel nano ini berupaya untuk dimuatkan dengan agen terapeutik yang akan digunakan untuk rawatan kanser dan mampu bertahan lama tanpa dikumuh oleh organ badan seperti hati. Dari segi perawatan kanser, penggunaan gel nano amat berguna kerana dapat meminimakan pengambilan agen terapeutik oleh pesakit. Agen-agen terapeutik yang dimuatkan ke dalam gel ini dapat dilindungi daripada diserap oleh organ yang tidak sepatutnya.



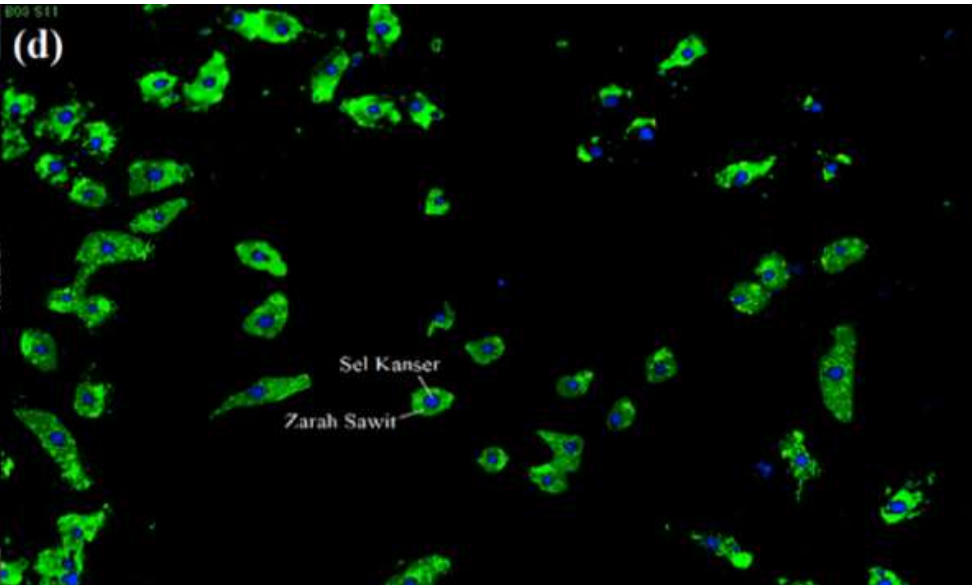
Terdapat dua jenis zarah gel nano yang dibangunkan oleh penyelidik di BTS, Nuklear Malaysia. Gel nano tersebut dikenali sebagai gel nano PEG yang berasaskan polietilena glikol (PEG) dan gel nano sawit yang berasaskan bahan kopoliester dan minyak sawit. Gel-gel nano ini berbentuk sfera serta memiliki diameter zarah yang berukuran kurang daripada 200 nm (Rajah 4). Setiap gel ini direka bentuk secara unik mengikut keperluan penggunaan dan jenis ubat yang akan dibawa. Proses penghasilan zarah gel dengan teknik sinaran ini mampu menghasilkan gel nano dengan jumlah yang banyak dengan saiz zarah yang seragam di antara 70 nm hingga ke 200 nm. Saiz zarah gel nano ini paling sesuai untuk penghantaran ubatan kanser melalui saluran darah dalam badan (Rajah 5).



Rajah 5: Contoh imej zarah gel nano yang dihasilkan menggunakan teknik sinaran (a) gel nano PEG (b) gel nano kopoliester nanosawit



Rajah 6: Mekanisma pemuatan ubatan ke dalam gel nano dan pelepasan ubatan pada tapak yang diingin



Rajah 7: Imej sel kanser payudara yang di duduki oleh zarah gel nano

Gel nano yang diperbuat menggunakan teknik sinaran ini adalah mesra alam, tidak memberi kesan buruk kepada sel sihat manusia dan gel ini boleh direka untuk berubah mengikut rangsangan seperti suhu atau keasidan badan. Perubahan yang berlaku biasanya dalam bentuk pengembangan dan pengecutan jaringan polimer gel yang membolehkan ubatan dimuatkan dalam jumlah secukupnya sahaja dan dilepaskan sebaik sahaja tiba di kawasan yang diingini (Rajah 6). Kaedah ini dapat mengelakkan penggunaan ubatan kanser yang berlebihan yang boleh membahayakan nyawa pesakit.

Kajian menunjukkan penggunaan gel nano dalam perawatan kanser dapat mematikan sel kanser pada payudara dan sel kanser pada hati. Kesan penggunaan ubatan kanser tanpa gel menunjukkan hanya 5% kemusnahan sel kanser berlaku berbanding 50% kemusnahan sel kanser sekiranya digunakan bersama gel nano. Ini adalah kerana kebanyakan ubatan kanser yang digunakan tanpa gel nano telah tersesar daripada lokasi kanser berbanding ubatan yang dimuatkan dengan gel nano. Hanya sedikit sahaja baki jumlah ubatan yang tiba dan tidak mampu untuk merawat kanser dengan berkesan. Manakala, ubatan yang di bawa dengan gel nano mampu tiba pada lokasi kanser dan memberi kesan rawatan yang sepatutnya.

Imbasan yang dijalankan ke atas sel juga telah mengesahkan imej sel kanser yang telah diduduki oleh zarah gel nano. Sel-sel ini akan terbinasa sebaik sahaja ia menyerap ubatan yang dibawa oleh gel. Ini menunjukkan penggunaan gel nano dapat meningkatkan keberkesanan rawatan kanser, menjimatkan penggunaan ubatan dan melindungi pesakit daripada kesan daripada penggunaan ubatan yang berlebihan.

Kesimpulannya, gel yang dihasilkan menggunakan teknik sinaran boleh direka menjadi bentuk kepingan mahupun bentuk zarah nano (Rajah 7). Gel-gel ini sangat membantu dalam perawatan kulit dan kanser. Penghasilan gel ini mempunyai nilai komersial yang tinggi dan berpotensi untuk dimajukan.

Selaras dengan Dasar Agromakanan Negara 2021-2030, penggunaan teknologi sinaran dalam pembangunan produk makanan daripada industri pertanian dan penternakan berupaya mentransformasi sektor agromakanan kepada sektor yang mampan, berdaya tahan dan berteknologi tinggi. Teknologi pemprosesan sinaran digunakan untuk memodifikasi bahan organik daripada tumbuhan, haiwan dan mikroorganisma kepada bahan penggalak tumbuhan, makanan tambahan ikan, dan penyalut produk makanan. Selain dari itu, hasil buangan pertanian dapat dikitar semula menjadi bahan penyerap air dalam tanah dalam mengurangkan penggunaan air serta pengurangan kos sistem irigasi selepas diproses melalui kaedah penyinaran

Apakah penggalak pertumbuhan tanaman?

Penggalak pertumbuhan tanaman adalah bahan ramuan yang diberikan kepada tanaman, bertujuan mendapatkan hasil tanaman yang menguntungkan, seperti mempercepatkan kadar pertumbuhan pokok, memperbaiki kualiti dan meningkatkan hasil tanaman. Penggalak pertumbuhan tanaman juga berupaya mengaktifkan sistem pertahanan atau imuniti tanaman terhadap rangsangan penyakit, serta tegangan persekitaran lain seperti pH tanah, lembapan dan suhu.

Penggalak pertumbuhan tanaman boleh dikelaskan sebagai bahan, sebatian atau media yang dihasilkan daripada sumber organik dan bukan organik. Bahan yang dihasilkan daripada sumber organik seperti tumbuhan, haiwan dan mikroorganisma dikenali sebagai biostimulan. Manakala penggalak bukan organik adalah daripada sumber mineral



Rajah 1: Kajian aplikasi oligokitosan di Kampung Gajah, Teluk Intan, Perak meningkatkan hasil padi MR 219 sehingga 25 peratus berbanding kaedah konvensional. Penyelidik Nuklear Malaysia dengan kerjasama petani sedang mengenalpasti pokok padi yang berpenyakit dan yang sihat (Gambar kiri). Proses menuai padi menggunakan jentera pengetam padi di plot kajian (Gambar kanan)

APLIKASI TEKNOLOGI PEMPROSESAN SINARAN dalam Sektor Agromakanan

Maznah Mahmud, Sarada Idris, PhD. Norzita Yacob, PhD. Norhashidah Talip & Marina Talib, PhD.

seperti selenium dan asid fosforik. Penggalak pertumbuhan organik yang tidak toksik, mudah selia dan selamat baik untuk alam sekitar dan keselamatan makanan. Secara ringkasnya, penggalak pertumbuhan tanaman berfungsi meningkatkan aktiviti biologi dan fisiologi tumbuhan, seperti penghasilan hormon tumbuhan yang bertanggungjawab dalam menjalankan proses fotosintesis, respirasi, pembahagian sel serta merangsang perkembangan sistem imuniti tumbuhan dengan cekap dan berkesan.



Rajah 2: Oligokitosan digunakan dalam kajian tanaman padi IS21 di kawasan yang mengalami masalah bekalan air di Arau, Perlis

Penggalak Pertumbuhan Hasil R&D Nuklear

Nuklear Malaysia telah menghasilkan dua jenis produk penggalak pertumbuhan tanaman melalui aplikasi teknologi nuklear. Kedua-dua produk ini adalah berasaskan sumber semula jadi daripada kumpulan polisakarida iaitu kitosan (haiwan) dan karagenan (alga). Kitosan ialah bahan polimer yang diekstrak dari kitin iaitu komponen yang membina kulit haiwan krustasia seperti udang dan ketam. Kitin juga mudah diperolehi daripada dinding sel fungi. Karagenan ialah bahan polimer yang diekstrak daripada rumput laut.

Kitosan dan karagenan lazimnya berantai panjang dengan berat molekul yang boleh mencapai sehingga ratusan ribu unit molekul berulang melalui ikatan rantai yang stabil. Dalam keadaan berantai panjang, kitosan dan karagenan tidak menunjukkan aktiviti penggalak pertumbuhan yang baik. Di Nuklear Malaysia, sinar gama digunakan untuk mengaruhkan tindak balas pemutusan rantai kitosan dan karagenan bagi menghasilkan oligokitosan dan oligokaragenan yang berantai pendek dengan purata berat molekul lebih rendah. Ciri kimia kitosan dan karagenan juga tidak berubah selepas daripada menerima dedahan sinar gama dalam penghasilan oligomer kitosan dan oligomer karagenan.



Rajah 3: Antara produk penggalak pertumbuhan tanaman yang telah dibangunkan

Penggunaan sinar gama bagi menggantikan teknik konvensional lain adalah satu alternatif terbaik untuk menghasilkan oligokitosan dan oligokaragenan kerana ia adalah satu proses yang mudah diaplikasikan, dan tidak melibatkan penggunaan bahan kimia. Sementara, kaedah enzimatik dan kimia bagi menghasilkan kitosan dengan berat molekul yang rendah memerlukan kepakaran tertentu, melibatkan penggunaan bahan kimia yang banyak, proses yang rumit serta perlu beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi.



Rajah 4: Padi mutan 191 yang telah dirawat dengan oligokitosan sedia untuk dituai



Rajah 5: Plot percubaan penanaman padi mutan 191 di Sungai Manik, Selangor menggunakan empat kali semburan oligokitosan pada empat peringkat tumbesaran berbeza menunjukkan peningkatan hasil sebanyak 50 peratus



Rajah 6: Rawatan biji benih kailan dengan oligokaragenan menunjukkan lebih 92 peratus biji benih bercambah dan bertahan sebelum dipindahkan ke pasu

Lazimnya untuk tujuan aplikasi, oligokitosan dan oligokaragenan digunakan untuk rendaman biji benih dan akar, dan/atau semburan terus kepada tanaman. Keberkesannya bergantung kepada jenis tanaman, umur tanaman, teknik penanaman dan keperluan rawatan. Kajian penggunaan penggalak tanaman yang dijalankan oleh penyelidik Nuklear Malaysia terhadap tanaman padi MR 219 di Kampung Gajah, Teluk Intan, Perak menunjukkan peningkatan hasil sehingga 25 peratus dan kadar keterukan serangan karah dikurangkan.

Oligokitosan sebagai Makanan Tambahan Ikan Air Tawar

Oligokitosan yang dihasilkan dari kitosan yang disinarkan dengan penyinaran gama juga merupakan prebiotik. Penambahan oligokitosan ke dalam makanan ternakan ikan dapat meningkatkan tumbesaran ikan tilapia iaitu dengan cara merangsang usus kecil untuk menyerap nutrisi secara lebih efektif. Penambahan bilangan bakteria *bifidobacteria* dan *lactobacilli* dapat meningkatkan pencernaan komposisi makanan ikan yang terdiri daripada karkohidrat, lemak dan protein. Oligokitosan disifatkan sebagai satu pengawal selia fungsi usus yang dapat memperbaiki mikroflora dalam sistem pencernaan. Banyak kajian mendapati oligokitosan secara efektif dapat mengurangkan populasi bakteria berbahaya seperti *Escherichia coli* dalam usus ikan. Aktiviti fisiologi seperti penyerapan dan metabolisme nutrisi dan respon imuniti diperbaiki dengan memperbaiki manfaat mikroflora dalam usus.



Rajah 7: (a) Oligokitosan keluaran Nuklear Malaysia dan (b) Palet makanan ikan digaulkan dengan oligokitosan



Rajah 8: Kajian oligokitosan sebagai makanan tambahan ikan tilapia

Nisbah penukaran makanan (FCR) iaitu jumlah makanan diambil untuk ikan tilapia membesar bagi makanan ikan mengandungi oligokitosan adalah lebih baik berbanding palet makanan biasa. FCR yang lebih rendah mempercepatkan tempoh tumbesaran ikan dan memendekkan masa tuaian ikan. Selain dari itu, kadar kematian bagi ikan tilapia yang diberi oligokitosan pada kadar tertentu adalah sangat kurang menunjukkan sistem imunitinya pada tahap yang baik.

Kitosan sebagai Salutan Permukaan Buah

Salutan boleh dimakan telah diperkenalkan sebagai langkah untuk memanjangkan jangka hayat makanan terutamanya buah-buahan dengan bertindak sebagai penghalang antara produk dengan persekitaran. Penggunaan bahan salutan separa telap terhadap gas untuk menyaluti permukaan buah-buahan membantu memperbaiki ciri-ciri kosmetik dan mengawal kadar kemasukan oksigen dalam tisu buah-buahan. Teknik salutan dilakukan dengan menyalut lapisan luaran makanan secara celupan atau semburan. Salutan ini boleh dimakan bersama-sama dengan makanan tanpa menyingkirkan salutan tersebut.

Pelbagai jenis salutan yang boleh dimakan yang digunakan dalam industri makanan antaranya selulosa metil dan selulosa hidroksipropil. Melalui penambahbaikan kajian yang dijalankan dari masa ke semasa, penggunaan sumber semulajadi berasaskan polisakarida diperkenalkan seperti salutan menggunakan protein soya, protein jagung, ekstrak kacang hijau dan kitosan. Penggunaan polisakarida membentuk satu lapisan filem yang kuat

sebagai salutan makanan. Kesedaran tentang pengambilan makanan tanpa pengawet sintetik meningkatkan penggunaan bahan semulajadi dengan sifat antimikrob seperti ekstrak tumbuhan (oregano, bawang putih dan rosemary), bakteria asid laktik (*L.plantarum*) dan kitosan. Agen antimikrob berperanan mengurangkan penyakit lepas tuai, mengekalkan kesegaran serta memanjangkan jangka hayat penyimpanan produk.

Kitosan mempunyai ciri antimikrob yang baik selain tidak toksik dan mudah terbiodegradasi. Kitosan tersinar menunjukkan aktiviti antimikrob yang lebih baik berbanding kitosan yang tidak tersinar. Selain memberi kesan ke atas aktiviti antimikrob, kitosan tersinar juga menurunkan sifat kelikatan yang menyebabkan kepekatan larutan salutan berkurang. Ini membantu dalam proses salutan yang lebih sekata ke atas buah-buahan.

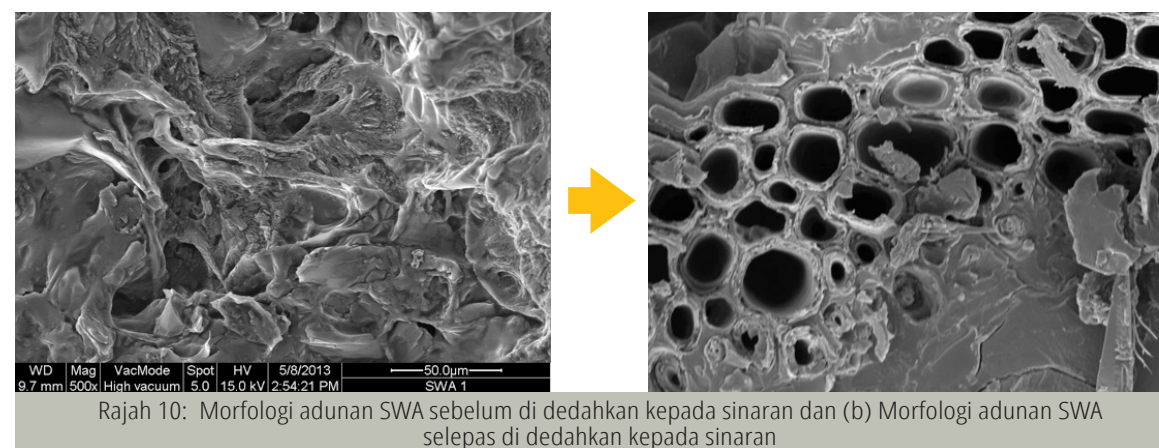
Super Water Absorbent (SWA)

SWA ini terhasil daripada hampas sagu yang terhasil daripada penghasilan tepung sagu daripada batang pokok sagu. Hampas sagu kebiasaannya dibuang ke dalam sungai yang akan menyebabkan pencemaran alam sekitar.

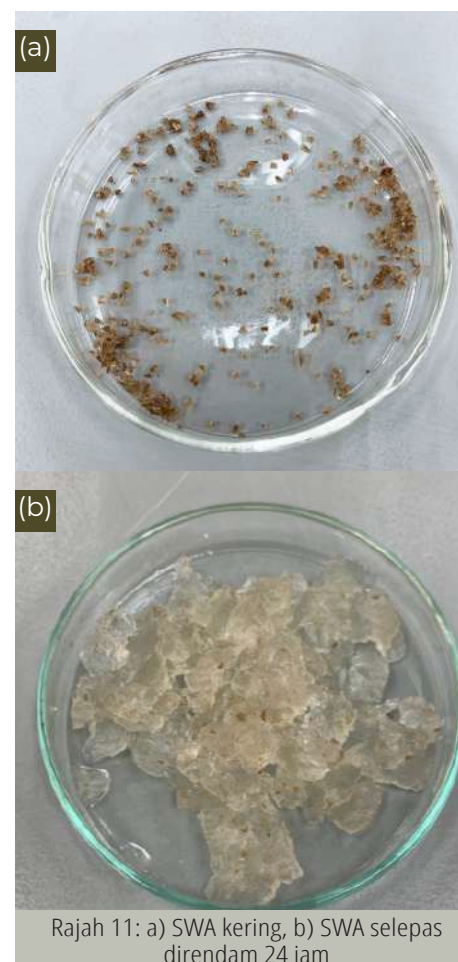
Hampas sagu yang dibuang boleh diguna semula dan dicampurkan bersama polimer sintetik dan bahan kimia serta seterusnya didedahkan kepada sinaran gama bagi menghasilkan SWA (Rajah 9). Kitar semula hampas sagu dapat menghasilkan sesuatu yang berguna kepada manusia kerana bahannya bersifat biodegradasi yang juga selamat kepada persekitaran. SWA penting dalam sektor pertanian kerana mampu memegang sejumlah air dan melepaskannya kepada tanah bagi kegunaan tumbuh-tumbuhan.



Rajah 9: Hampas sagu dan SWA



Rajah 10: Morfologi adunan SWA sebelum di dedahkan kepada sinaran dan (b) Morfologi adunan SWA selepas di dedahkan kepada sinaran



Rajah 11: a) SWA kering, b) SWA selepas direndam 24 jam

Secara tidak langsung dapat menjimatkan kos penyediaan sistem irigasi, mengurangkan beban kerja dan penggunaan air oleh petani.

Adunan hampas sagu yang telah didedahkan kepada sinar gama akan menghasilkan jaringan melalui proses taut silang. Jaringan tersebut akan mewujudkan sifat poros dalam SWA tersebut yang membolehkan kuasa penyerapan air meningkat ratusan kali ganda dari berat asalnya.

Nuklear Malaysia turut menyumbang dalam menangani isu keselamatan makanan melalui aplikasi teknologi sinaran. Impak ke atas kesejahteraan masyarakat turut diperoleh dengan mengadaptasi teknologi sinaran sebagai teknologi hijau yang membantu mengurangkan penggunaan bahan kimia yang dapat mencemarkan alam sekitar. Teknologi sinaran dapat melonjakkan sektor agromakanan ke satu dimensi yang lebih kompetitif dan efektif, serta berkembang lebih pantas serta dapat memacu pertumbuhan ekonomi serta meningkatkan kesejahteraan rakyat. Kajian ini dapat membantu Malaysia mengoptimumkan kitaran rantai dan sekuriti makanan.

Konservasi Artifak Warisan Budaya melalui Aplikasi Sinaran

Khairul Azhar Abdul Halim & Ahmad Zuhdi Mohd On

Sejak sedekad yang lepas, teknologi pemprosesan sinaran telah banyak digunakan di seluruh dunia, terutamanya untuk pensterilan, pemvulkanan getah dan proses taut-silang bahan polimer seperti tiub, kabel dan bahan salutan permukaan. Proses ini memanfaatkan sinar gama dari sumber isotop radioaktif atau dari alur elektron bertenaga tinggi yang dihasilkan oleh mesin pemecut zarah. Di Malaysia, teknologi ini diamalkan oleh Nuklear Malaysia sejak tahun 1990an lagi.

Teknik penyinaran telah digunakan sejak tahun 1970 untuk merawat dan memelihara artifak warisan budaya. Teknik ini pada mulanya dibangunkan oleh negara Republik Czech dan Perancis dan telah berjaya mendisinfeksi mumia Ramses II di Paris pada tahun 1977. Kejayaan tersebut meyakinkan negara-negara lain untuk menerima teknologi ini bagi memelihara artifak warisan budaya mereka. Pada tahun 2009, IAEA telah melancarkan satu projek kerjasama teknikal bagi mengembangkan penggunaan teknologi nuklear untuk memelihara artifak warisan budaya di negara-negara Eropah. Antara fokus utama projek ini menggunakan teknik nuklear terutamanya sinar gama untuk membasmi serangga dan mikroorganisma perosak, disinfeksi dan juga pengukuhan artifak yang telah terurai dengan menggunakan resin pematangan sinaran.

Selain disinfeksi artifak, teknik penyinaran juga boleh digunakan bagi menguatkan struktur bahan yang



Rajah 1: Mumia Ramses II yang diterbangkan ke Pusat Penyelidikan CEA, Saclay, Paris pada tahun 1977 bagi tujuan disinfeksi. Gambaran mumia yang sedang disinarkan menggunakan sinar gama dari sumber radioisotop Cobalt 60.

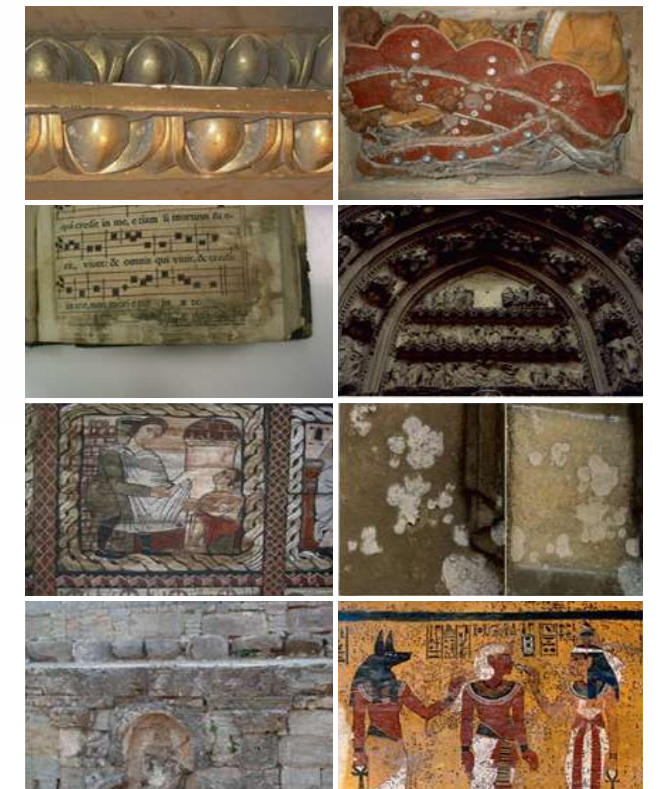
(Gambar atas)
Sumber: www.aben.com.br

telah lemah sebagai contoh bahagian kayu pada kapal karam. Bahan monomer cecair boleh diaplikasikan pada struktur tersebut dan didedahkan di bawah sinaran bagi membentuk bahan polimer baharu di dalam struktur kayu lama dan seterusnya menguatkan kembali struktur berkenaan.

Faktor Degradasi Artifak Warisan Budaya

Bahan artifak kayu, kulit binatang, tekstil atau kertas adalah polimer semula jadi yang berasaskan karbon dan mudah diserang oleh perosak dari alam sekitar seperti air, oksigen, gas tercemar, atmosfera berasid, suhu dan cahaya. Tapi, kerosakan artifak kebanyakannya adalah disebabkan oleh perosak biologi iaitu mikroorganisma dan serangga.

Antara mikroorganisma utama yang merosakkan artifak adalah kulat, *actinomycetes*, kulapuk, yis, bakteria dan alga. Kulapuk adalah contoh mikroorganisma yang mereputkan artifak. Kulapuk bukan sahaja memberi kesan kepada bahan arkib dan perpustakaan, malah turut memberi kesan kepada kesihatan pekerja melalui jangkitan, alergi dan kesan toksik. Dari segi pereputan pula, kulapuk menyebabkan perubahan kekal kepada bahan selulosa yang terdapat pada kayu dan kertas. Teknologi sinaran digunakan bagi membasmi kulapuk yang menyerang artifak warisan budaya ini. Pada kadar atau dos yang rendah, rawatan sinaran ke atas buku mampu memelihara keutuhannya selepas sepuluh tahun.



Rajah 2: Artifak warisan budaya yang diserang kulat
Sumber: Fungi-Mediated Biodeterioration of Household Materials, Libraries, Culture Heritage and Its Control. 7:32

Pembasmian Perosak

Sinaran mengion mampu memberikan kesan biosid kepada organisma hidup. Setiap organisma mempunyai tahap sensitif yang berbeza terhadap sinaran. Penyinaran mampu mengaruh perubahan pada tahap komponen kimia sel mikroorganisma hidup dan memberikan kesan

biologi iaitu kesan tindak balas langsung di antara sel terhadap sinaran mengion. Penyahaktifan mikroorganisma melalui penyinaran berlaku kerana kerosakan pada molekul DNA dan seterusnya merencatkan keupayaannya untuk membiak. Sel yang sama juga mungkin mengalami kerosakan yang diakibatkan oleh bahan kimia reaktif yang terhasil daripada proses radiolisis sebagai contoh air, iaitu komponen utama sesebuah sel, apabila terdedah kepada sinaran mengion akan menghasilkan radikal bebas yang seterusnya akan bertindak balas dengan sel.

Penyinaran bagi Penyatuan Bahan Poros

Aplikasi kedua sinaran mengion di dalam bidang pemeliharaan artifak warisan budaya adalah bagi menyatukan artifak yang poros. Objektif utama penyinaran adalah untuk meningkatkan sifat mekanikal bahan poros seperti kayu dan konkrit. Kaedah ini menggunakan impregnasi bahan poros di dalam resin di bawah persekitaran vakum seterusnya diikuti proses pempolimeran yang dikawal oleh sinar gama. Kaedah ini dinamakan sebagai 'penumpatan' atau *densification* apabila resin cecair memenuhi liang mikro yang terdapat pada artifak. Seterusnya artifak tersebut akan dimatangkan menggunakan sinaran mengion. Kaedah ini lebih selamat berbanding kaedah rawatan konvensional yang menggunakan pelarut organik berbahaya untuk memudahkan resin cecair menembusi liang bahan.

Sifat mekanikal artifak menjadi lebih baik selepas rawatan penumpatan berbanding kaedah penyatuan yang lain. Rupa bentuk artifak selepas rawatan tidak banyak berubah sementara perubahan yang berlaku adalah kekal. Maka, kaedah ini adalah dihadkan kepada artifak yang telah dijustifikasikan sebagai perlu pengukuhan kepada sifat mekanikalnya, sebagai contoh rangka kapal karam.

Di Nuklear Malaysia, teknik impregnasi yang digunakan ke atas baju kalis peluru dengan menerokai alternatif kepada resin pengikatnya. Kebanyakan baju kalis peluru menggunakan seramik yang dibalut dengan serat kuat seperti Kevlar atau serat kaca (*fiber glass*) dan kemudiannya dilekat bersama menggunakan resin termoplastik. Kebiasaannya resin yang digunakan adalah dari jenis stirena (*styrene*) yang mengeluarkan sebatian organik meruap atau *volatile organic material* (VOC) yang tinggi dan berbahaya kepada alam sekitar. Melalui penyelidikan, Nuklear Malaysia berjaya menggantikan resin stirena tersebut dengan resin pematangan sinaran yang boleh dimatangkan di bawah UV. Teknik ini sekaligus menghapuskan penggunaan VOC berbahaya dan



Rajah 3: Bahagian hadapan kapal karam Roman yang ditelaah dirawat menggunakan kaedah impregnasi resin pematangan sinaran dipamerkan di Muzium Arkeologi Arles, Perancis
Sumber: Uses of Ionizing Radiation for Conservation for Tangible Cultural Heritage. IAEA. Radiation Technology Series No. 6.

menjimatkan masa kerana masa matang yang singkat di dalam beberapa saat sahaja berbanding kaedah konvensional yang mengambil masa yang lama. Pendekatan yang serupa boleh digunakan untuk mengukuhkan artifak kayu, logam atau batuan yang berharga supaya menjadi kuat dan mampu bertahan lebih lama tanpa menjejaskan rupa asal artifak.

Kesan Sinaran Mengion Terhadap Arkib & Artifak dalam Proses Pemeliharaan dan Pemuliharaan

Pengubahsuaian bahan artifak semasa rawatan dianggap sebagai kesan sampingan penyinaran. Kesan sampingan akibat daripada penyinaran berbeza terhadap struktur dan ciri-ciri bahan artifak. Oleh itu, penilaian kesan sampingan terhadap bahan yang terdedah dengan sinaran untuk tujuan konservasi perlu dilakukan demi menjaga ketulenan dan memastikan artifak berada dalam keadaan baik. Di dalam aspek penilaian kesan sampingan, umum diketahui, ianya perlu mempunyai hubungkait di antara fasa penguraian dengan beberapa faktor seperti pencirian fizikal bahan, pencirian kimia dan struktur

bahan tersebut. Antara penilaian kesan sampingan adalah faktor penuaan bahan. Ujian pencirian penuaan memerlukan masa yang lama. Beberapa penyelidik telah melakukan ujian penuaan yang singkat dengan menggunakan kaedah bersesuaian. Bahan artifak yang dikonservasi melalui sinaran adalah seperti kayu, kertas dan kulit.

Kesan Penyinaran Terhadap Artifak Kayu

Kayu sememangnya bahan organik semula jadi yang paling penting dalam sejarah manusia. Bahan ini telah digunakan untuk membuat tempat perlindungan, alat, senjata, kapal dan pelatih, keagamaan atau simbolik karya seni penting bagi warisan budaya pemuliharaan.

Perosak utama mampu memusnahkan kuantiti kayu dalam masa yang singkat. Perosak ini boleh mengubah rantai makromolekul kayu menjadi monomer yang dapat dicerna oleh tindak balas enzim. Enzim berupaya merosakkan struktur selulosa tetapi terdapat juga enzim lignolitik. Oleh kerana semua enzim bertindak balas

dalam keadaan akues, degradasi kayu sangat berkaitan kepada kehadiran air. Degradasi enzimatik oleh kulat mencari sumber kelembapan di dalam kayu itu sendiri, sementara serangga memiliki sumber kelembapannya sendiri yang membolehkan mereka menyerap glukosa dari kayu kering dalam saluran pencernaannya.

Oleh itu, bagi mengatasi masalah ini penyinaran gama telah dicadangkan diawal 1960-an sebagai rawatan disinfeksi kayu. Sejak tahun 1960, kesan penyinaran gama ke atas kayu telah dikaji secara intensif. Selulosa adalah komponen kayu yang paling sensitif terhadap penyinaran. Polimer boleh mengalami penghubung silang tiga dimensi serentak dan putaran rantaianya. Walaupun hubungan silang cenderung untuk mengukuhkan sifat mekanik dan menstabilkan komponen selulosa, degradasi menjadikannya kurang tahan. Apabila dos meningkat, fenomena terakhir ini menjadi dominan, biasanya selepas 10-50kGy. Walau bagaimanapun, gabungan lignin dan selulosa di dalam artifak kayu menjadikannya kurang sensitif kepada penyinaran berbanding selulosa tulen dalam struktur amorfus. Sifat mekanik kayu tidak memberi kesan yang signifikan selagi dedahan penyinaran tidak melebihi 100kGy.

Kesan Penyinaran Terhadap Artifak Kertas & Arkib

Dalam memelihara artifak warisan pada kertas, maklumat yang disimpan di atas kertas adalah lebih penting daripada kertas itu sendiri (arkib, perpustakaan atau koleksi memorial). Oleh itu, rawatan sinaran mengion menjadi pilihan dalam aspek tindak balas yang lebih cepat. Dedahan sinaran terhadap kertas juga akan mengakibatkan penguraian dan pemutusan rantaian kertas di mana ianya perlu dinilai dalam menentukan jangka hayat sesuatu arkib kertas. Selain itu, koleksi perpustakaan juga adalah bahan yang perlu dipelihara walaupun ianya tidak dianggap unik dan mempunyai nilai warisan. Koleksi ini boleh didedahkan kepada sinaran mengion untuk menghentikan serangan ejen perosak dan juga menghalang serangan kepada koleksi yang lain. Kebanyakan kajian yang dibangunkan dari tahun 60-an hingga 80-an tidak mengesyorkan penyinaran untuk pemuliharaan kertas. Oleh itu, boleh disimpulkan bahawa penggunaan rawatan sinaran mengion berpotensi untuk memulihara dan memelihara kertas dengan dedahan sinaran yang sesuai.

APLIKASI TEKNOLOGI SINARAN DALAM INDUSTRI TENAGA

Ting Teo Ming, PhD & Norliza Ishak

PENGHASILAN BIODIESEL

Tenaga Hijau

Tenaga hijau boleh ditakrifkan sebagai tenaga yang dapat diperbaharui atau dihasilkan seperti cahaya matahari, air, angin dan tumbuhan.

Bahan Api Bio

Bahan api bio atau biodiesel adalah salah satu bahan api alternatif bagi menggantikan penggunaan petroleum diesel yang berasaskan bahan api fosil yang semakin berkurangan saban hari.

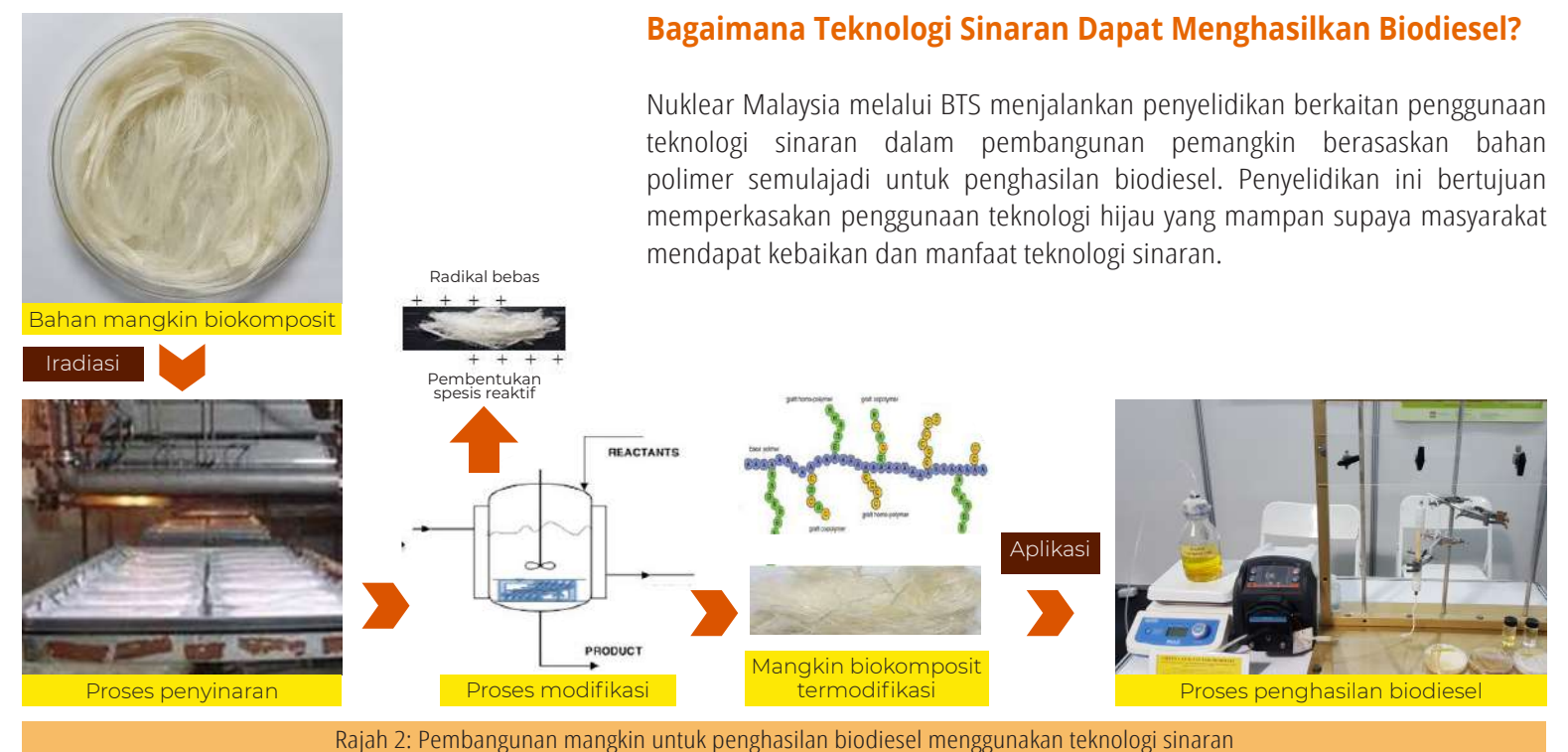
Penggunaan biodiesel memberi manfaat dalam mengekalkan kelestarian alam sekitar dengan mengurangkan pelepasan gas rumah hijau ke atmosfera yang mengakibatkan perubahan iklim ekstrem dan pemanasan global. Hal ini kerana biodiesel berkonsepkan neutral karbon seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Konsep ini selaras dengan matlamat negara untuk menjadikan Malaysia sebagai negara neutral karbon pada tahun 2050.

Proses untuk mendapatkan biodiesel daripada tumbuhan khususnya minyak sayuran adalah berbeza daripada penghasilan petroleum diesel. Secara khususnya diesel daripada petroleum dihasilkan melalui proses penyulingan petroleum mentah secara berperingkat manakala biodiesel daripada tumbuhan adalah melalui proses kimia sama ada proses transesterifikasi atau esterifikasi. Oleh itu, penghasilan biodiesel memerlukan pemangkin untuk mempercepatkan proses tersebut. Apa itu pemangkin?

Mangkin atau pemangkin (catalyst) ditakrifkan sebagai sejenis bahan untuk meningkatkan kadar tindak balas kimia bagi mencapai keseimbangan serta mempercepatkan

penghasilan produk tanpa mengubah nilai tenaga tindak balas tersebut dan komposisi kimianya. Mangkin tindak balas kimia dikelaskan kepada dua kategori utama iaitu mangkin homogen dan mangkin heterogen. Kedua-dua mangkin ini mempunyai aplikasi dan kelebihan yang berbeza.

Secara umumnya, biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida daripada minyak sayuran yang melibatkan penggunaan mangkin dalam tindak balas untuk meningkatkan tindak balas kimia dan mempercepatkan penghasilan produk biodiesel. Justeru, penggunaan pemangkin heterogen dilihat sebagai alternatif terbaik untuk menggantikan penggunaan mangkin homogen dalam penghasilan biodiesel disebabkan oleh sifatnya yang stabil (stable) dan mudah dibaikpulih (easy recovery) serta dijanasemula (regenerate).



Bagaimana Teknologi Sinaran Dapat Menghasilkan Biodiesel?

Nuklear Malaysia melalui BTS menjalankan penyelidikan berkaitan penggunaan teknologi sinaran dalam pembangunan pemangkin berasaskan bahan polimer semulajadi untuk penghasilan biodiesel. Penyelidikan ini bertujuan memperkasakan penggunaan teknologi hijau yang mampan supaya masyarakat mendapat kebaikan dan manfaat teknologi sinaran.

Terkini, penghasilan pemangkin heterogen berasaskan bahan biokomposit polimer adalah pilihan terbaik untuk memastikan kelestarian alam sekitar termasuk pengurangan kos. Di samping itu, aplikasi teknologi cangkukan sinaran dalam pembangunan mangkin heterogen dapat menghasilkan fungsi baharu terhadap bahan mangkin tersebut dan mampu memberi kelebihan dari segi mesra alam, penjimatan kos, mudah dikendalikan serta penambahan nilai.

Aktiviti R&D dalam Penghasilan Pemangkin Biodiesel Menggunakan Sinaran

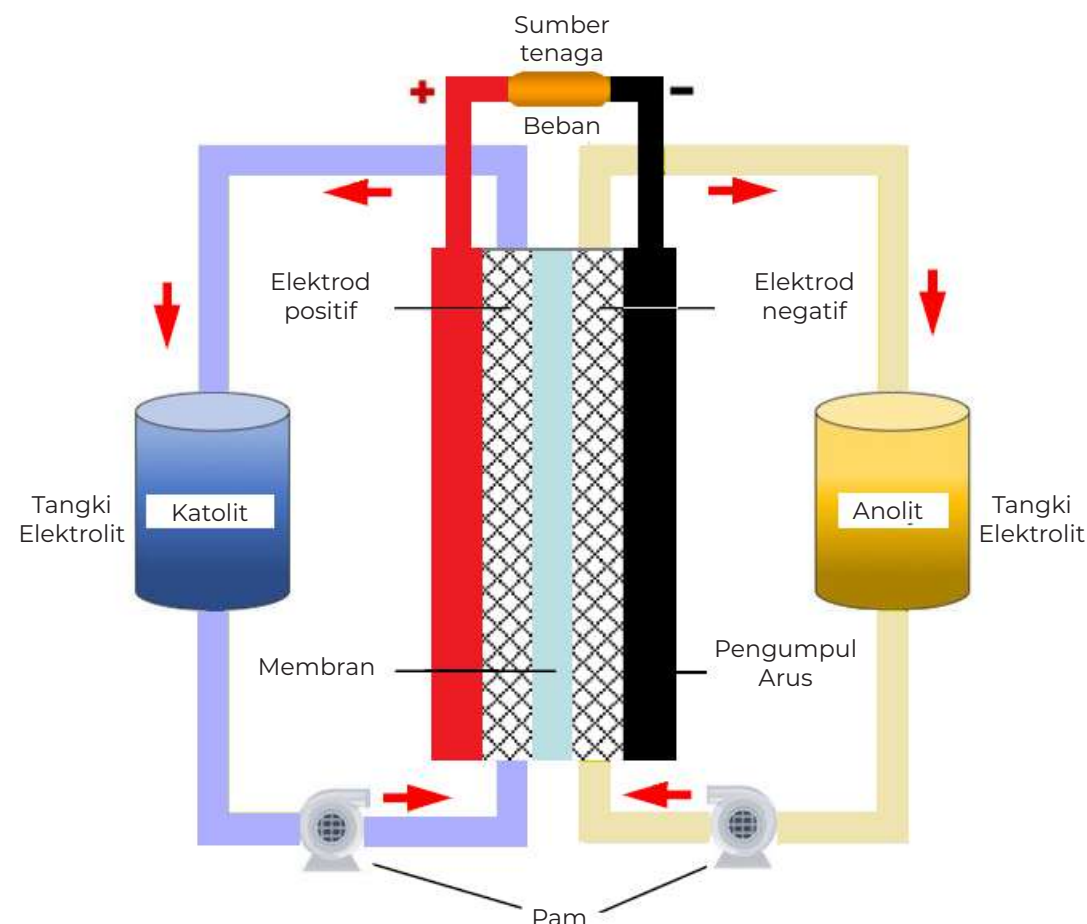
Penyelidikan dalam penghasilan biodiesel menerusi penggunaan mangkin heterogen baharu berasaskan teknologi sinaran mempunyai potensi tinggi untuk dikembangkan dan dihasilkan pada skala yang besar (Rajah 2). Sebagai contoh, penggunaan jerami dan kenaf mat sesuai bagi penghasilan biodiesel daripada minyak sayuran (biji kapas, kelapa sawit) dan minyak masak terpakai. Di samping itu, penyelidikan penghasilan mangkin berasaskan bahan polimer sintetik iaitu polietilena/polipropilena (PEPP) dalam bentuk fiber dan fabrik turut dijalankan. Kajian ini bertujuan untuk menukarkan minyak sayuran kepada biodiesel dengan penghasilan bioproduct yang rendah serta mangkin yang stabil dan dapat dijana semula tanpa kehilangan fungsi yang ketara.

TEKNOLOGI PENYIMPANAN TENAGA

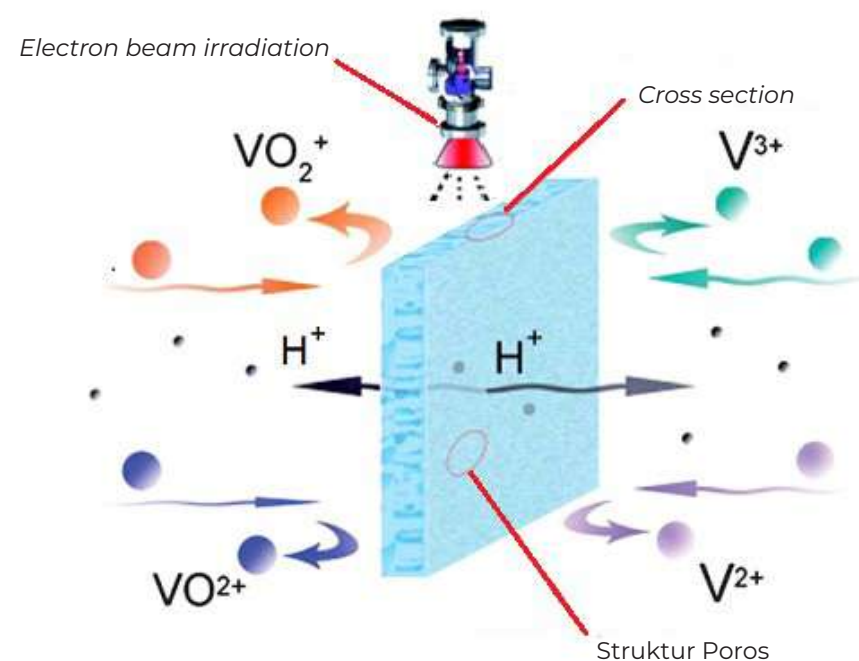
Teknologi Bateri Aliran Redoks

Dalam teknologi penyimpanan tenaga, bateri aliran redoks adalah bateri terbaik untuk penyimpanan tenaga berskala sederhana hingga besar kerana kecekapan tenaga yang tinggi dan kitaran hayat yang panjang tanpa keperluan tapak khusus. Bateri aliran redoks menawarkan ciri-ciri unik seperti berikut:

1. Penyelenggaraan yang rendah
2. Jangka hayat yang panjang dengan ribuan kitaran mengecas-menyahcas
3. Pembinaan sistem besar berdasarkan reka bentuk modul yang ringkas
4. Tiada pelepasan bahan yang berbahaya
5. Tidak mudah terbakar dan tidak meletup
6. Susun atur fleksibel kerana tenaga disimpan dalam larutan elektrolit



Rajah 3: Sistem bateri aliran redoks



Rajah 4: Membran pada bateri aliran redoks vanadium yang dihasilkan menggunakan teknologi sinaran

Rajah 3 menunjukkan sistem bateri aliran redoks yang terdiri daripada elektrod, pam, tangki elektrolit, pengumpul arus dan membran. Bateri aliran redoks adalah peranti penyimpanan tenaga elektrokimia yang menukarkan tenaga kimia kepada tenaga elektrik. Tindak balas kimia yang berlaku akan mengubah tenaga kimia menjadi tenaga elektrik pada bateri aliran redoks.

Bateri aliran redoks mempunyai pelbagai jenis pasangan redoks sama ada yang sama unsur mahupun berlainan unsur. Contohnya, pasangan redoks vanadium-vanadium adalah sama unsur dan antara satu-satunya sistem yang telah dikomersilkan. Penggunaan unsur yang sama membolehkan penghasilan semula elektrolit yang lebih mudah dan pencemaran silang antara dua elektrolit berasingan yang lebih rendah.

Bagaimana Teknologi Sinaran digunakan untuk Menghasilkan Membran Pemisah?

Kitaran sel yang beroperasi pada jangka masa panjang menyebabkan penurunan kecekapan bateri akibat degradasi membran. Oleh itu, membran merupakan komponen yang penting bagi aplikasi bateri aliran redoks vanadium. Berikut adalah ciri-ciri membran untuk bateri aliran redoks vanadium:

- Kestabilan kimia dan mekanikal yang sangat baik
- Mempunyai kekonduksian proton yang bagus untuk fungsi litar
- Kebolehtelapan ion vanadium yang rendah untuk mengelakkan penurunan kecekapan bateri

Membran komersial sedia ada dipasaran mempunyai kestabilan kimia yang sangat baik dalam bateri aliran redoks vanadium dan banyak digunakan dalam sel bahan api (fuel cells) serta bateri. Walau bagaimanapun, kadar kebolehtelapan ion vanadium yang tinggi melalui membran tersebut menyebabkan penurunan kecekapan bateri. Justeru, pembangunan membran yang cekap dengan kos yang rendah adalah perlu untuk tujuan pengkomersilan.

Penyelidikan menggunakan teknologi sinaran sedang dijalankan untuk pembangunan membran generasi baharu yang bagus bagi aplikasi bateri aliran redoks vanadium. Antara kelebihan teknologi sinaran adalah prosesnya yang ringkas dan mudah, tidak memerlukan pemula kimia, parameter tindak balas boleh dikawal bagi menggabungkan beberapa kumpulan berfungsi ke atas membran serta kandungan kadar cangkukan rantai kumpulan berfungsi pada membran boleh dikawal. Oleh itu, teknologi sinaran mampu menghasilkan membran yang mempunyai kekonduksian proton yang tinggi dan kebolehtelapan vanadium merentasi membran yang rendah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.

Kesimpulannya, penggunaan teknologi sinaran dalam penghasilan membran untuk aplikasi bateri aliran redoks vanadium bukan sahaja dapat membangunkan membran generasi baharu malah turut memberi impak positif dari aspek ekonomi dan alam sekitar.



Nuklear Malaysia dan MPOB Meterai MoU bagi Penyelidikan Berasaskan Sawit Menggunakan Teknologi Sinaran

Norliza binti Abdul Mihat

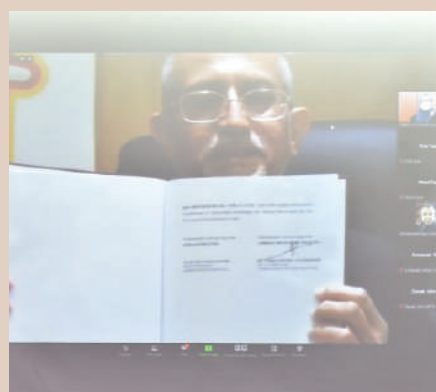
Nuklear Malaysia telah menandatangani Memorandum Persefahaman (MoU) bagi Kerjasama Pelaksanaan Projek Penyelidikan Berkaitan Penghasilan Bahan Salutan Termaju Berasaskan Poliol Sawit dan Biopoliole Poliester Menggunakan Aplikasi Sinaran bersama dengan Lembaga Minyak Sawit Malaysia (MPOB).



Majlis menandatangani MoU yang diadakan sepenuhnya secara maya ini telah disempurnakan oleh YBrs. Ts. Dr. Siti A'iasah binti Hashim, Ketua Pengarah Nuklear Malaysia dan YBrs. Dr. Ahmad Parveez Haji Ghulam Kadir, Ketua Pengarah MPOB.

Projek penyelidikan bersama:

1. Poliol sawit dan bio-poliol poliester untuk penghasilan penyerakan poliuretana akrilat berasaskan air untuk penghasilan bahan salutan termaju menggunakan teknologi sinaran.
2. Poliol sawit dan bio-poliol poliester bagi penghasilan resin fotopolimer untuk menghasilkan pencetakan perancah 3D untuk kejuruteraan tisu dalam aplikasi biomedik menggunakan teknologi sinaran.



**NUKLEAR
MALAYSIA**

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

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

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

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

U/P : Dr. Shukri Bin Mohd
Pengarah
Bahagian Pengkomersilan Teknologi

Tel : 03-8911 2000 Samb. 1608

Faks: 03-8911 2175

E-mail : shukri_mohd@nuclearmalaysia.gov.my

Website: www.nuclearmalaysia.gov.my



**UPDATE INFO BERSAMA
NUKLEAR MALAYSIA**



Agensi Nuklear Malaysia
Agensi Nuklear Malaysia
nuklearmalaysia
@NuklearM
KP Agensi Nuklear Malaysia

FOLLOW US



i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



AGENSI NUKLEAR MALAYSIA
Bangi, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan