



KEMENTERIAN SAINS,
TEKNOLOGI DAN INOVASI
MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION

DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030





**KEMENTERIAN SAINS,
TEKNOLOGI DAN INOVASI**
MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION

DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

Cetakan pertama 2023

© Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, 2023

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian terbitan ini boleh diterbitkan semula atau ditukar dalam apa jua bentuk dengan cara apa jua sama ada secara elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman dan sebagainya sebelum mendapat kebenaran bertulis daripada Ketua Setiausaha, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

Diterbitkan oleh:

Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

Aras 1-7, Blok C4 & C5, Kompleks C,
Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan,
62662 Putrajaya

 MyGCC : (603) 8000 8000

 enquiry@mosti.gov.my



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia

ISBN 978-967-2741-10-7

ISI KANDUNGAN

	PRAKATA	1
01	PENGENALAN	
	1.1 Kelestarian Teknologi Nuklear untuk Kegunaan Aman di Malaysia	4
	1.2 Landskap Teknologi Nuklear di Malaysia	5
	1.3 Penandaarasan Global dalam Membina Ekosistem Teknologi Nuklear yang Kondusif	7
	1.4 Cabaran Ekosistem Teknologi Nuklear di Malaysia	8
	1.5 Keperluan Dasar Teknologi Nuklear Negara	9
	1.6 Aspirasi Teknologi Nuklear Negara	11
02	RANGKA KERJA DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA	
	2.0 Objektif, Matlamat, Visi, Misi	14
	2.1 Asas-asas Utama	
	Asas Utama 1: Perundangan, Peraturan & Standard (3S – Keselamatan, Sekuriti dan Kawal Selia)	16
	Asas Utama 2: Komunikasi, Pendidikan dan Kesedaran Awam (CEPA)	16
	Asas Utama 3: Kesediaan Masa Hadapan	17
	2.2 Teras Strategik	18
	2.3 Struktur Tadbir Urus DTNN	20
03	SEKTOR FOKUS UTAMA	
	3.1 Perubatan dan Penjagaan Kesihatan	23
	3.2 Makanan dan Pertanian	25
	3.3 Pembuatan Peranti dan Peralatan	28
	3.4 Pengurusan Alam Sekitar dan Sumber Asli	30
	3.5 Aplikasi Perindustrian	32
	3.6 Keselamatan dan Sekuriti Nuklear	34
04	SASARAN UTAMA DTNN	37
05	KESAN LIMPAHAN EKONOMI TERHADAP EKOSISTEM TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA	39
06	KESIMPULAN	41

PRAKATA

MENTERI SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI (MOSTI)

Dasar Teknologi Nuklear Negara (DTNN) 2030 adalah inisiatif strategik pertama oleh Kerajaan Malaysia untuk memajukan teknologi nuklear dalam sektor sosioekonomi negara. Dasar ini ditujukan untuk mendorong Malaysia menuju status sebuah negara maju.

Malaysia telah mula melibatkan diri dalam bidang nuklear sejak awal 1970-an. Akta Benda-benda Radioaktif 1968 yang kemudiannya digantikan dengan Akta Perlesenan Tenaga Atom 1984 adalah undang-undang yang dibangunkan

untuk mengawal dan mengatur teknologi nuklear di negara ini. Seajar dengan perkembangan industri dan potensi teknologi nuklear untuk menjadi penyelesaian kos-efektif, kepentingan teknologi nuklear di Malaysia dijangka akan terus meningkat.

DTNN 2030, yang digerakkan oleh MOSTI, bertujuan untuk menetapkan hala tuju strategik bagi pembangunan teknologi nuklear sehingga tahun 2030. Ini selari dengan matlamat negara dalam Dasar Sains, Teknologi dan Inovasi Negara (DSTIN) 2021-2030 untuk menjadi sebuah negara berteknologi tinggi. Strategi dan inisiatif yang digariskan dalam dasar ini memberi penekanan untuk mewujudkan ekosistem teknologi nuklear negara yang mampan serta membentuk asas yang kukuh dalam mengurusperdanakan penggunaan teknologi nuklear secara aman di Malaysia. Dari segi ekonomi, pelaksanaan DTNN dijangka akan meningkatkan nilai eksport produk nuklear tempatan sebanyak RM2.403 bilion pada tahun 2030 dengan peningkatan tahunan sebanyak 10%. Selain itu, penggunaan teknologi nuklear dalam bidang khusus STIE negara dijangka akan meningkat sebanyak 40% berdasarkan data semasa. DTNN akan berfungsi sebagai panduan kepada pihak berkepentingan untuk merancang dan melaksanakan aktiviti dalam bidang penyelidikan, pembangunan, dan pengkomersialan (R&D&C) berasaskan teknologi nuklear. Pelaksanaan dasar ini akan membolehkan negara memaksimumkan manfaat penggunaan teknologi nuklear secara aman untuk pembangunan sosioekonomi dan meletakkan Malaysia setanding dengan negara-negara maju. Kepelbagaian aplikasi teknologi nuklear yang merentas pelbagai sektor juga akan mampu meningkatkan daya saing pemain industri tempatan dan seterusnya memperkukuh rantaian nilai teknologi ini.

Oleh itu, saya berharap DTNN yang telah digubal melalui kerjasama pelbagai pihak berkepentingan akan memberi impak positif ke arah menjadikan Malaysia sebuah negara berteknologi tinggi, merangsang daya saing industri, dan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

YB Chang Lih Kang
Menteri Sains, Teknologi Dan Inovasi



PRAKATA

KETUA SETIAUSAHA KEMENTERIAN SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI (MOSTI)

Dasar Teknologi Nuklear Negara (DTNN) 2030 merupakan komitmen Kerajaan dalam mempertingkatkan penggunaan teknologi nuklear secara aman untuk pembangunan negara. Dasar ini telah dibangunkan oleh MOSTI dengan peneraju utama Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia) dengan kerjasama Akademi Sains Malaysia (ASM) dan pandangan semua pihak berkepentingan. Ia menetapkan pendekatan strategik untuk membangun, mengekalkan dan mengoptimalkan penggunaan teknologi nuklear secara aman bagi menyokong pertumbuhan sosio-ekonomi dan

kemampuan negara. Dasar ini digubal selari dengan dasar dan inisiatif Kerajaan serta mengambil kira perkembangan semasa teknologi nuklear di peringkat global.

Memandangkan teknologi nuklear merentasi pelbagai sektor dan pemegang taruh, dasar ini penting untuk mengharmonikan dan menyelaras semua aktiviti dan program yang berkaitan dengan teknologi nuklear bagi pembangunan sosioekonomi negara. Berpandukan visi untuk menjadikan Malaysia sebuah negara peneraju dalam penggunaan sains dan teknologi nuklear secara aman ke arah mencapai matlamat pembangunan mampan global menjelang tahun 2030, dasar ini telah mengariskan empat Teras Strategik berdasarkan tiga Asas Utama dan enam Sektor Fokus Utama. Selain itu, 18 Strategi dan 19 Program *Flagship* melibatkan pihak berkepentingan dalam pelbagai sektor ekonomi telah dikenal pasti bagi mencapai visi dan hala tuju ekosistem teknologi nuklear negara.

Kejayaan pelaksanaan dasar ini akan mewujudkan ekosistem teknologi nuklear negara yang kondusif yang seterusnya akan melonjakkan sektor sosioekonomi negara ke arah negara maju dan berteknologi tinggi. Ia juga akan memberi kesan limpahan kepada semua sektor ekonomi negara dan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat.

Sesungguhnya, kemajuan dan perkembangan ekosistem teknologi nuklear memerlukan usaha bersepadu dan menyeluruh daripada semua pihak berkepentingan. Saya yakin kejayaan pelaksanaan dasar ini akan memperkasa ekosistem dan industri nuklear tempatan yang secara langsung akan membantu negara mencapai aspirasi sebagai negara maju dan berteknologi tinggi menjelang 2030.

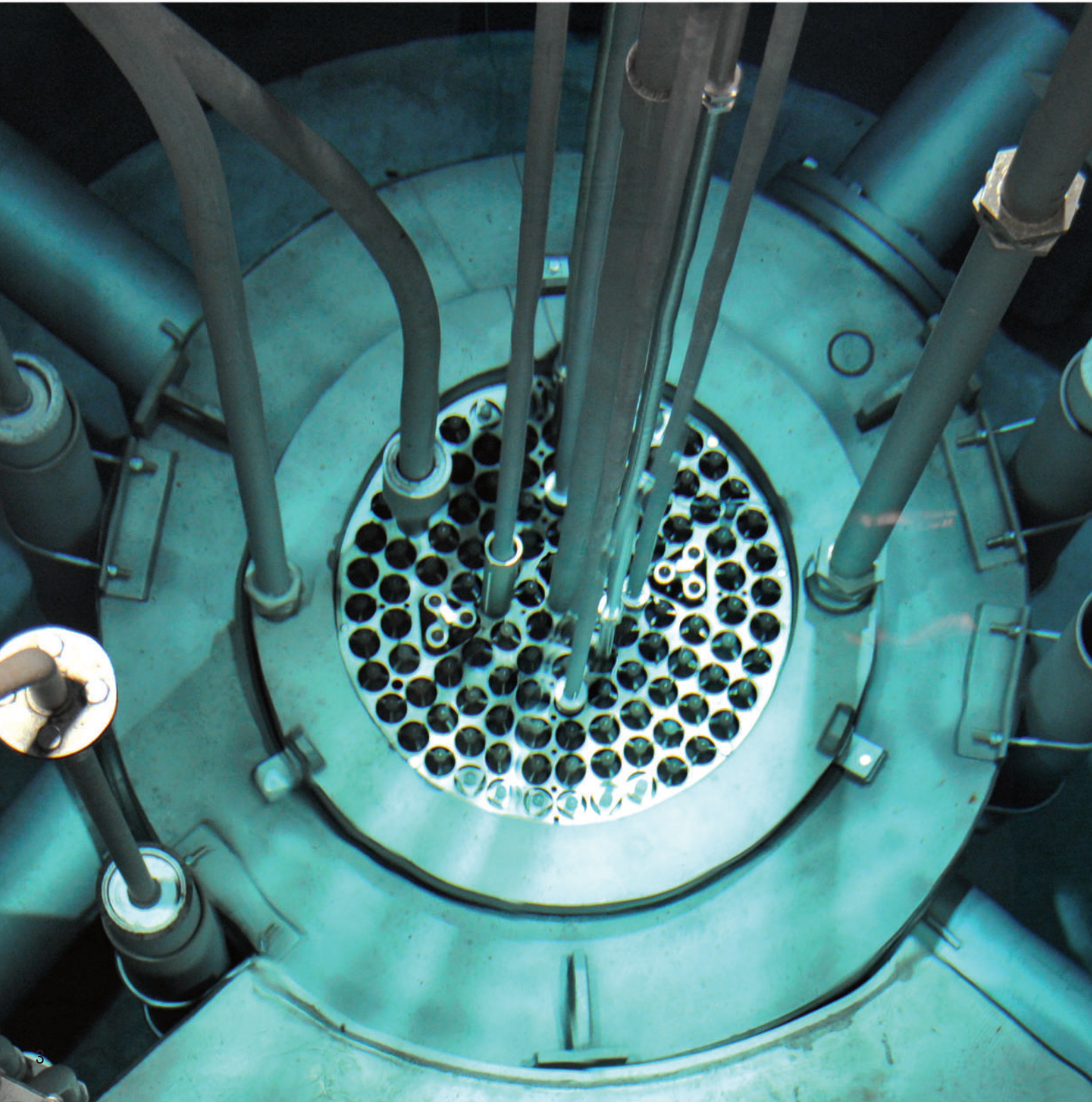
Datuk Ts. Dr. Haji Aminuddin Hassim
 Ketua Setiausaha Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)



DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

PENGENALAN



1.1 PENGENALAN

Kelestarian Teknologi Nuklear untuk Kegunaan Aman di Malaysia

Teknologi nuklear memainkan peranan penting dalam pelbagai sektor sosioekonomi negara hari ini, terutamanya dalam sektor perindustrian, kesihatan, makanan dan pertanian, pengurusan air serta perlindungan alam sekitar. Walau bagaimanapun, sehingga kini, tiada dasar khusus yang komprehensif dibangunkan untuk dijadikan sebagai hala tuju dan keutamaan strategik pembangunan teknologi nuklear kebangsaan, bagi mewujudkan ekosistem teknologi nuklear yang kondusif. Oleh itu, dengan adanya Dasar Teknologi Nuklear Negara (DTNN) yang merangkumi tindakan daripada tahun 2021 - 2030, infrastruktur strategik nuklear negara boleh dibangunkan dan penggunaannya dapat dioptimumkan, bagi membina kelebihan daya saing yang kukuh di peringkat antarabangsa. Bagi menyokong pembangunan infrastruktur yang holistik, keupayaan dan kepakaran modal insan berkaitan nuklear yang memenuhi permintaan industri perlu diperkasakan. Sehubungan itu, program penerimaan awam teknologi nuklear juga perlu dilaksanakan secara efektif dan berterusan dalam menyebarkan manfaat penggunaan teknologi nuklear secara aman di Malaysia.

DTNN adalah agenda negara bagi mengarusperdanakan penggunaan teknologi nuklear secara aman, ke arah mempertingkatkan daya saing industri, memperkukuh kesejahteraan rakyat dan memulihara sumber asli dan alam sekitar. Dasar ini digubal dengan menggunakan pendekatan yang bersepadu dan holistik, yang melibatkan pemegang taruh di pelbagai peringkat merangkumi kementerian, agensi, institusi akademik, pemain industri, badan bukan kerajaan dan masyarakat awam.

Dasar Sains, Teknologi dan Inovasi Negara (DSTIN) 2021-2030 telah mengenal pasti Sains, Teknologi dan Inovasi (STI) sebagai pemacu utama untuk mentransformasi sosioekonomi dan pertumbuhan yang inklusif, ke arah menjadi sebuah negara berteknologi tinggi. Teknologi nuklear yang merupakan salah satu komponen STI, memainkan peranan penting dalam pelbagai sektor sosioekonomi negara. Kemajuan pesat teknologi nuklear dan integrasinya dengan teknologi baharu muncul, seperti nanoteknologi, bioteknologi dan teknologi digital mempunyai potensi besar kepada pembangunan sosioekonomi negara. Potensi ini dijangka akan meningkatkan lagi permintaan pasaran terhadap teknologi nuklear pada masa hadapan. Justeru, pasaran baru dapat diteroka ke arah menjadikan Malaysia sebagai negara peneraju dalam penggunaan sains dan teknologi nuklear bagi mencapai pembangunan mampan secara global.

DTNN ini telah diselarakan dengan dasar dan inisiatif semasa Kerajaan termasuk Wawasan Kemakmuran Bersama 2030, DSTIN 2021-2030, Rangka Kerja 10-10 Sains, Teknologi, Inovasi dan Ekonomi Malaysia (10-10 MySTIE Framework), Dasar Revolusi Perindustrian Keempat (4IR) Negara, Dasar dan Strategi Nanoteknologi Kebangsaan 2021-2030. DTNN dijangka akan menyumbang secara langsung kepada sembilan daripada 17 Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) seperti yang ditetapkan dalam Agenda Pembangunan Mampan 2030 oleh Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB).



1.2 Landskap Teknologi Nuklear di Malaysia

Malaysia telah mendapat banyak manfaat daripada penggunaan teknologi nuklear secara aman sejak 1897. Sehingga kini, Malaysia dilengkapi dengan pelbagai kemudahan dan makmal berteraskan sains dan teknologi nuklear yang digunakan dalam sektor industri, perubatan dan penjagaan kesihatan, makanan dan pertanian, air dan alam sekitar, serta keselamatan dan sekuriti nuklear. Sebahagian daripada kemudahan dan makmal ini telah mendapat pengiktirafan di peringkat antarabangsa termasuk sebagai Pusat Kolaboratif Antarabangsa (ICC) Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA), Pusat Latihan Serantau (RTC) dan Pusat Sokongan Sekuriti Nuklear Serantau (NSSC) di Asia dan Pasifik. Pengiktirafan kemudahan-kemudahan ini telah membuka peluang kepada pihak industri untuk mengkomersialkan teknologi nuklear dan seterusnya memudahcarakan pemindahan teknologi kepada pemain industri tempatan.

Kemuncak kecemerlangan teknologi nuklear ini boleh dilihat dalam bidang pertanian dan makanan negara melalui penghasilan benih padi IS21 hasil penggunaan teknik biak baka mutasi aruhan sinaran gama. Padi IS21 telah berjaya mendapat pengiktirafan antarabangsa melalui penerimaan Anugerah Pencapaian Cemerlang Pertubuhan Makanan dan Pertanian Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (FAO)/IAEA dan Anugerah Penyelidikan Cemerlang Forum Kerjasama Nuklear di Asia (FNCA) bagi kategori pembiakan mutasi tumbuhan baka baharu padi dan Anugerah Tahun Pengkomersialan Malaysia. Benih padi IS21 ini juga telah diiktiraf sebagai benih padi sah negara dan dimasukkan dalam skim subsidi padi sah negara.

Sejak ditubuhkan pada 1972, Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI) yang kini dikenali sebagai Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia) telah menjadi sebuah institusi penyelidikan dan pembangunan (R&D) kebangsaan dalam mempromosi dan membangunkan teknologi nuklear di negara ini. Reaktor *Training, Research, Isotopes, and General Atomics* (TRIGA) di Nuklear Malaysia yang dikenali sebagai Reaktor TRIGA PUSPATI (RTP) merupakan bantuan teknikal yang diperolehi melalui kerjasama tiga pihak di antara IAEA, Malaysia dan Amerika Syarikat pada tahun 1980. RTP yang mula beroperasi pada tahun 1982 telah membuka

era baru dalam penyelidikan nuklear di Malaysia. RTP merupakan satu-satunya reaktor penyelidikan nuklear di negara ini dan direka bentuk untuk melaksanakan dengan berkesan pelbagai penggunaan asas sains nuklear dan pendidikan. RTP digunakan untuk tujuan penyelidikan dan pembangunan, termasuk pengeluaran radioisotop untuk tujuan perubatan, perindustrian dan pertanian serta pendidikan dan latihan dalam bidang sains dan kejuruteraan nuklear. Selain RTP, Nuklear Malaysia juga mempunyai infrastruktur dan kemudahan penyinaran alur elektron, siklotron dan sinar gama, yang diguna pakai untuk penyelidikan dan pembangunan serta latihan.

Dalam sektor perubatan dan penjagaan kesihatan, pentauliah kemudahan siklotron di Hospital Putrajaya pada 2006 dan penubuhan Institut Kanser Negara (IKN) pada 2010 telah membuka ruang kepada pesakit-pesakit kanser di negara ini mendapat rawatan yang berkualiti pada harga yang rendah. Pada 2019, terdapat 38 pusat radioterapi, 36 pusat perubatan nuklear, 1,766 kemudahan radiologi dan sembilan mesin penyinaran darah telah beroperasi, bagi memberi perkhidmatan dalam sektor perubatan dan penjagaan kesihatan. Perkembangan ini mencerminkan penggunaan teknologi nuklear yang semakin meluas dalam sektor perubatan dan penjagaan kesihatan di Malaysia.

Penubuhan Jabatan Sains Nuklear di Universiti Kebangsaan Malaysia pada tahun 1978 telah menerajui pembangunan sumber manusia dalam sains dan teknologi nuklear. Pada tahun 2012, Universiti Teknologi Malaysia telah menawarkan program Sarjana Muda Kejuruteraan Nuklear untuk melahirkan jurutera nuklear tempatan yang diiktiraf oleh Lembaga Jurutera Malaysia. Universiti Tenaga Nasional juga memperkenalkan mata pelajaran elektif kejuruteraan nuklear kepada kursus Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal. Malaysia mempunyai 4,444 tempat kerja yang berkaitan dengan sinaran mengion dalam sektor perubatan, perindustrian dan penyelidikan. Bilangan pekerja sinaran di Malaysia semakin meningkat, dengan kira-kira 21,436 orang pekerja sinaran berdaftar pada tahun 2015.



Perundangan pertama yang mengawal penggunaan selamat bahan radioaktif telah digubal pada tahun 1968, iaitu Akta Benda-Benda Radioaktif 1968 (Akta 17/68). Akta ini dikuatkuasakan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Walau bagaimanapun, akta tersebut telah dimansuhkan pada tahun 1984 dan digantikan dengan Akta Perlesenan Tenaga Atom 1984 (Akta 304), yang kemudiannya membawa kepada penubuhan Lembaga Perlesenan Tenaga Atom (LPTA) pada tahun 1985. LPTA adalah badan penguatkuasa ke atas Akta 304 dan perundangan-perundangan subsidiari yang di buat di bawah akta tersebut.

Di peringkat antarabangsa, Malaysia telah menganggotai IAEA secara rasmi pada 15 Januari 1969 sebagai Negara Anggota ke-101. Sejak itu, kerjasama antara Malaysia dan IAEA telah memainkan peranan penting dalam pembangunan sains dan teknologi nuklear di negara ini. Kerjasama ini terus diperluaskan dengan penglibatan organisasi antarabangsa lain dalam sistem Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB), termasuklah Pertubuhan Makanan dan Pertanian Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (FAO), Pertubuhan Pendidikan, Saintifik dan Kebudayaan Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (UNESCO), Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) dan Pertubuhan Pembangunan Perindustrian Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (UNIDO).



1.3 Penandaarasan Global dalam Membina Ekosistem Teknologi Nuklear yang Kondusif

DTNN telah dirangka dengan mengambil kira keperluan penyediaan ekosistem teknologi nuklear yang kondusif. Ekosistem yang kukuh adalah penting untuk mempertingkatkan daya saing negara bagi meletakkan Malaysia di persada antarabangsa. Sehubungan itu, DTNN telah dibangunkan berdasarkan kajian penandaarasan global merangkumi lapan elemen utama iaitu Institusi, Interaksi, Integriti, Infrastruktur, Infostruktur, Intelek, Insentif dan Internasional 8i (pengantarabangsaan). Dasar ini mengambil kira perkembangan dasar dan rancangan berkaitan teknologi nuklear di negara-negara lain termasuk negara di rantau Asia Tenggara, bagi memberikan gambaran keseluruhan amalan terbaik yang diguna pakai oleh negara-negara tersebut. Kedudukan Malaysia dalam kemajuan teknologi nuklear telah ditanda aras dengan negara ASEAN terpilih, seperti Indonesia, Vietnam, Thailand dan Singapura dan juga sembilan negara bukan ASEAN

iaitu Australia, Jepun, Afrika Selatan, Emiriah Arab Bersatu (UAE), Korea Selatan, New Zealand, Kanada, Amerika Syarikat dan Nepal.

Daripada kajian penandaarasan ini, Malaysia didapati masih berada di peringkat awal globalisasi nuklear. Ekosistem teknologi nuklear negara juga masih belum mencapai tahap keutuhan yang diinginkan serta mempunyai jurang yang tinggi berbanding negara-negara maju. Sehubungan itu, DTNN ini akan menyediakan landasan kepada Malaysia untuk membangunkan ekosistem teknologi nuklear yang kondusif ke arah menjadikan Malaysia sebagai negara maju pasca 2030. Pembangunan DTNN ini dijangka akan menjadikan bidang sains dan teknologi nuklear negara lebih berdaya saing seiring dengan negara-negara membangun di rantau Asia seperti Korea Selatan, Jepun dan Republik Rakyat China.



1.4 Cabaran Ekosistem Teknologi Nuklear di Malaysia

Memandangkan teknologi nuklear merupakan teknologi rentas sektor, cabaran utamanya adalah merangka hala tuju teknologi nuklear yang komprehensif. Visi sepunya dalam kalangan semua pihak berkepentingan perlu diselaraskan dan platform kerjasama yang kukuh mesti diwujudkan. Di samping itu, mekanisme pembiayaan yang mantap juga diperlukan bagi menggalakkan pengkomersialan produk, perkhidmatan dan pembangunan teknologi nuklear tempatan. Industri nuklear tempatan juga perlu mematuhi standard dan garis panduan antarabangsa bagi membolehkan negara mengambil bahagian dalam rantaian nilai global.

Rajah 1 menunjukkan ringkasan isu dan cabaran utama untuk membangunkan ekosistem teknologi nuklear di Malaysia. Cabaran ini telah dikenal pasti melalui analisis ekosistem 8i untuk membolehkan Malaysia menjadi negara peneraju dalam penggunaan sains dan teknologi nuklear secara aman, ke arah mencapai pembangunan mampan global. Jurang yang dikenal pasti ini boleh dirapatkan melalui pelaksanaan strategi dan inisiatif yang digariskan dalam DTNN.

ISU DAN CABARAN TEKNOLOGI NUKLEAR DI MALAYSIA



Rajah 1. Isu dan Cabaran Teknologi Nuklear di Malaysia



1.5 Keperluan Dasar Teknologi Nuklear Negara

Trend global telah menunjukkan bahawa teknologi nuklear adalah salah satu teknologi termaju utama yang mampu memberikan penyelesaian kepada isu utama dalam sektor sosioekonomi sesebuah negara. Memandangkan negara-negara maju telah mencapai kemajuan yang kukuh dalam teknologi ini, Malaysia perlu memanfaatkan kekuatan

dan kelebihannya untuk membina ekosistem teknologi nuklear yang mampan serta mengambil bahagian dalam rantaian nilai global. Oleh itu, DTNN adalah diperlukan bagi menyokong matlamat negara ke arah mencapai hasrat menjadi negara berteknologi tinggi, seperti yang diaspasikan dalam DSTIN 2021-2030.

A. Pembangunan teknologi nuklear memerlukan hala tuju dan keutamaan strategik peringkat kebangsaan

Dalam pemetaan Rangka Kerja 10-10 MySTIE seperti di **Rajah 2**, teknologi nuklear berpotensi untuk bertindak sebagai pemacu sains dan teknologi (S&T) dan berfungsi sebagai pemboleh (*enabler*) kepada semua pemacu sosioekonomi negara. Sebagai contoh, teknologi nuklear memainkan peranan kritikal dalam bahan termaju yang telah dikenal pasti di bawah Rangka Kerja 10-10 MySTIE dan bukan sahaja menjadi blok binaan (*building-block*) kepada sesetengah pemacu sains dan teknologi, bahkan sebagai pemacu kepada beberapa sektor sosioekonomi. Melalui DTNN, eksploitasi potensi negara dengan sepenuhnya

dapat dilakukan bagi mewujudkan impak besar kepada negara dan mencipta *niche* kebangsaan dalam teknologi nuklear di pelbagai sektor. Ini bertujuan mewujudkan nilai tambah bagi bidang khusus keutamaan negara seperti yang digariskan dalam Rangka Kerja 10-10 MySTIE. Memandangkan teknologi nuklear berpotensi mencipta kesan limpahan kepada pelbagai sektor, semua pemegang taruh perlu memanfaatkan kekuatan satu sama lain melalui perkongsian maklumat dan sumber di bawah satu platform kerjasama yang bersepadu.

Key Focus Sectors in line with National Niche Areas for 10 Socio-economic Drivers



Rajah 2. Pemetaan teknologi nuklear dengan Rangka Kerja 10-10 MySTIE

B. Penerimaan teknologi nuklear sebagai prasyarat kepada penggunaan dan pembangunan teknologi nuklear

Penerimaan teknologi nuklear dalam masyarakat awam adalah prasyarat bagi kejayaan penggunaan teknologi nuklear di Malaysia. Walaupun negara terlibat dalam rantaian nilai teknologi nuklear di peringkat antarabangsa, masih terdapat banyak ruang penambahbaikan dalam penerimaan pasaran dan penggunaan industri.

Kebimbangan terhadap aspek keselamatan, sekuriti nuklear dan kawal selia perlu ditangani secara berkesan dengan kerjasama erat daripada pihak Kerajaan dan pemain industri utama untuk membuka potensi penuh penggunaan teknologi nuklear secara aman di Malaysia.

C. Pembangunan kepakaran bersepadu terancang yang memenuhi permintaan semasa dan masa hadapan industri nuklear dan sektor ekonomi lain yang memanfaatkan teknologi nuklear

Modal insan negara mesti dilengkapi dengan kemahiran pelbagai disiplin bagi menghubungkan aplikasi dan *outcome* R&D dalam sektor fokus utama serta memacu penggunaan teknologi nuklear ke hadapan. Sifat dan jenis kemahiran ini haruslah disesuaikan sejajar transformasi penggunaan nuklear di pelbagai sektor. Pakar dan juruteknik diperlukan untuk mencipta rantaian bekalan tempatan bernilai tambah tinggi dari aplikasi hulu (*upstream*), seperti pembuatan peranti dan peralatan bersama-sama

dengan aplikasi hiliran (*downstream*) teknologi nuklear dalam pelbagai sektor sosioekonomi. Kumpulan pakar ini juga akan dilatih untuk berkhidmat bukan sahaja untuk pasaran tempatan, tetapi juga pasaran industri nuklear serantau dan antarabangsa. Ini memerlukan pendidikan yang kukuh dalam sains asas, pengetahuan khusus, kemahiran komunikasi dan minda usahawan melalui kemahiran semula, peningkatan kemahiran dan pembelajaran sepanjang hayat.

D. Membangunkan infrastruktur nuklear negara secara strategik dan mengoptimumkan penggunaan kemudahan ini untuk membina kelebihan daya saing yang kukuh

Masa depan teknologi nuklear yang lestari memerlukan asas yang kukuh termasuk infrastruktur dan kemudahan nuklear yang canggih dan termaju. Infrastruktur yang canggih memudah cara pemindahan teknologi dan perkhidmatan kepada pemain industri tempatan untuk meneroka pasaran serantau dan antarabangsa, serta melahirkan modal insan yang berkepakaran dan memenuhi keperluan pasaran dan industri. Sementara itu, masyarakat penyelidik di Malaysia perlu menilai semula skim pembangunan modal dengan mengambil kira keperluan mendatang. Kemudahan utama teknologi nuklear semasa, seperti RTP, mengalami penuaan dan tidak berupaya untuk memenuhi keperluan penyelidikan dan industri. Selain itu, beberapa kemudahan negara seperti siklotron terletak di wilayah tengah Semenanjung Malaysia dan tidak mudah diakses

oleh pemain industri dari kawasan lain. Cabaran seperti ini telah menghalang perkembangan penggunaan teknologi nuklear di negara ini. Bagi mengatasi jurang tersebut, pelan pembangunan infrastruktur yang berkesan mesti diwujudkan untuk memastikan akses yang berpatutan dan saksama kepada kemudahan nuklear di seluruh negara. Tambahan pula, memandangkan kos pembangunan dan pengurusan infrastruktur nuklear adalah tinggi, pembangunan kemudahan ini perlu dirancang secara strategik dan berhemat. Rangka kerja perkongsian awam-swasta teknologi nuklear adalah penting untuk memastikan pembangunan infrastruktur dan penyelidikan yang berterusan dan mampan di negara ini.

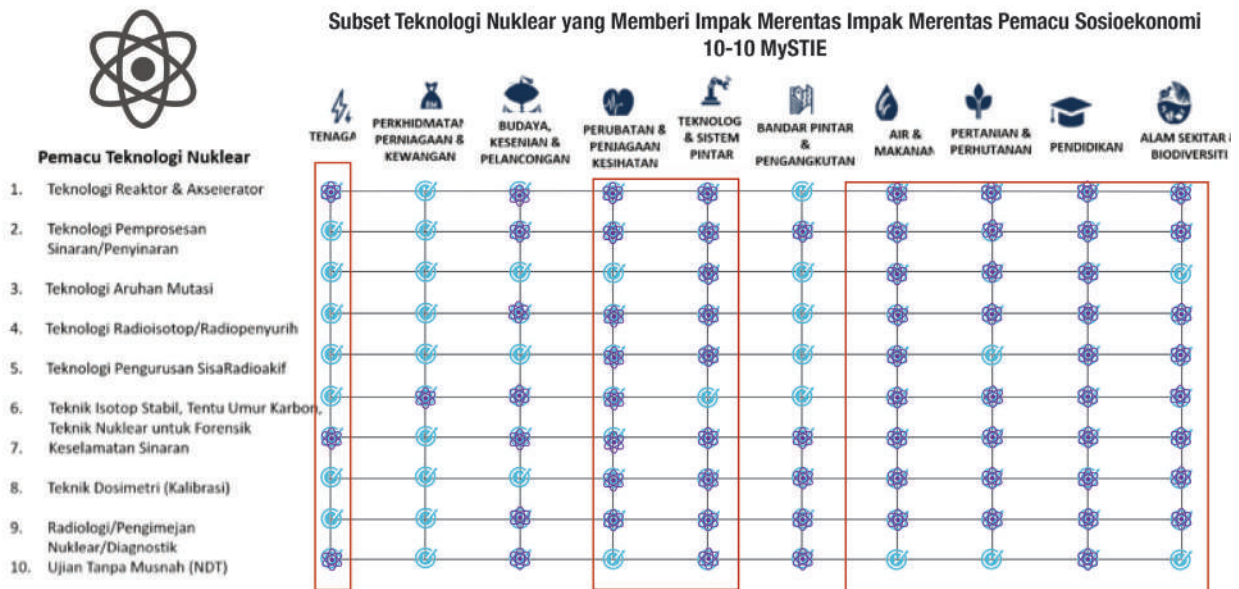


1.6 Aspirasi Teknologi Nuklear Negara

A. Mengarusperdana teknologi nuklear

Penggunaan teknologi nuklear secara menyeluruh berupaya memberikan kesan limpahan (*spillover*) dalam kebanyakan bidang teknologi seperti yang digariskan di bawah Rangka Kerja 10-10 MySTIE. Teknologi nuklear yang diaplikasikan dalam kebanyakan pemacu sosioekonomi negara dapat memanfaatkan kemajuan sains, teknologi dan kejuruteraan nuklear untuk pembangunan ekonomi,

penjanaan pengetahuan dan kesejahteraan masyarakat seperti pemetaan di **Rajah 3**. Pemetaan ini menunjukkan sektor dan teknologi negara yang perlu diberi keutamaan dalam mencipta kesan limpahan yang paling besar, di samping sebagai panduan dalam penilaian pasaran yang disumbangkan oleh teknologi nuklear dalam setiap pemacu sosioekonomi.



Sumber : Rangka Kerja 10-10 MySTIE, 2020

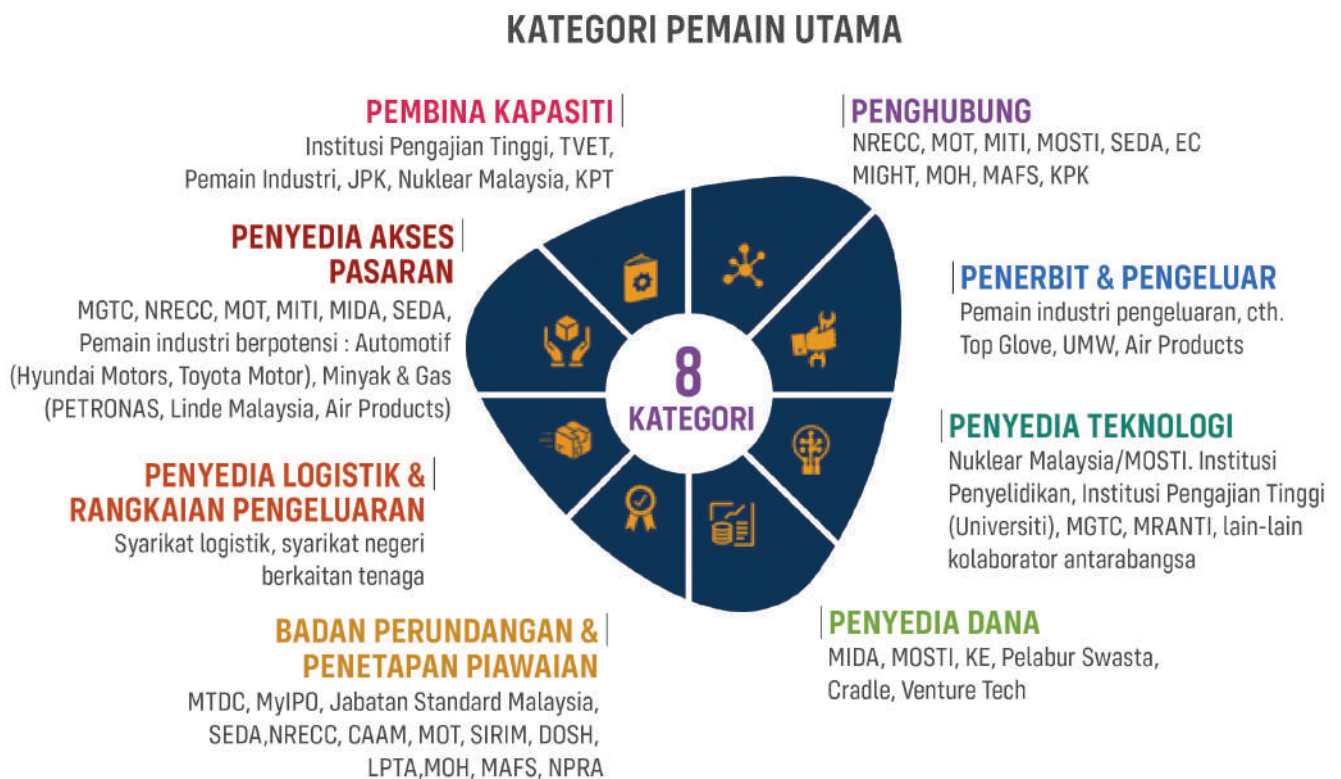
Rajah 3. Aplikasi Teknologi Nuklear dalam Sepuluh Pemacu Sosioekonomi Negara



B. Pemantapan rantaian perbekalan teknologi nuklear negara

Untuk mencapai matlamat DTNN, pemain-pemain utama dalam semua kategori rantaian perbekalan teknologi nuklear perlu disatukan atas platform kolaboratif sepunya bagi menggerakkan mekanisme yang terlibat dalam menghasilkan penyelesaian holistik dan pelaksanaan

strategi, dasar dan program yang berkesan. Peneraju dalam setiap kategori adalah penting untuk menggunakan teknologi nuklear dalam setiap bahagian rantaian perbekalan seperti dalam **Rajah 4**.



Rajah 4. Lapan Kategori Pemain Utama dalam Rantaian Pembekalan Teknologi Nuklear



DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

RANGKA KERJA DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA



2.0 RANGKA KERJA DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

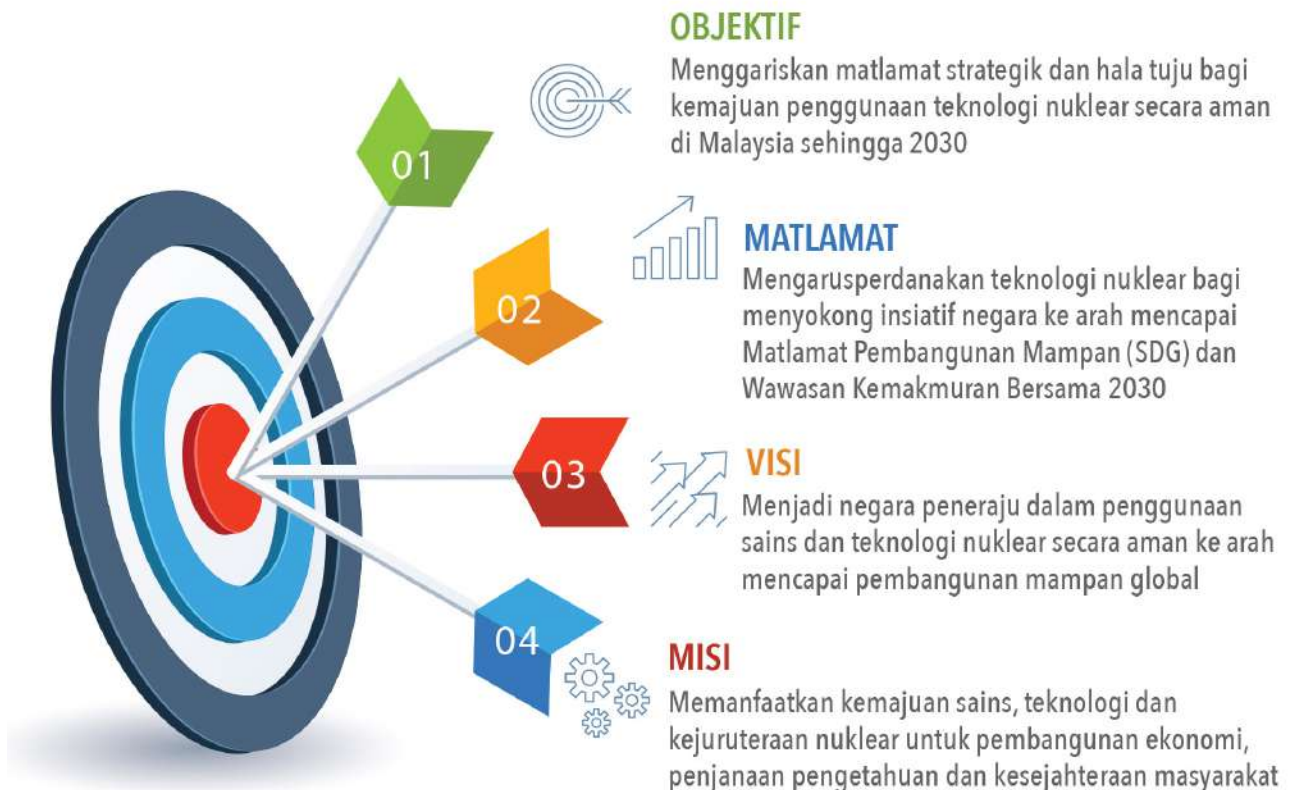
Objektif, Matlamat, Visi & Misi

Rangka Kerja Dasar Teknologi Nuklear Negara memfokuskan kepada peranan teknologi nuklear ke arah menjadikan Malaysia sebuah negara maju. Dasar menyeluruh ini juga penting untuk mengharmonikan dan menyatukan semua aktiviti dan program berkaitan teknologi nuklear untuk pembangunan sosioekonomi negara.

Rangka kerja ini menggambarkan matlamat DTNN yang dirangka berlandaskan tiga asas utama yang perlu diperkukuhkan bagi menyokong empat teras strategik

dan enam sektor fokus utama, bagi memacu pembangunan teknologi nuklear ke arah mencapai visi dan misi DTNN. Rangka kerja ini haruslah diintegrasikan secara lancar untuk menjamin kelestarian ekosistem teknologi nuklear.

Dasar ini menggariskan tiga Asas Utama, 12 Prinsip, empat Teras Strategik, 18 Strategi, 46 Langkah Dasar, enam Sektor Fokus Utama, 19 Program *Flagship* dan 40 Inisiatif *Flagship* yang akan dilaksanakan sehingga 2030 seperti **Rajah 5**.





Rajah 5. Kerangka DTNN



2.1 ASAS - ASAS UTAMA

Asas Utama 1: Perundangan, Peraturan & Piawaian (3S – Keselamatan, Sekuriti dan Kawal Selia)

Dengan mengambil kira peningkatan penggunaan teknologi nuklear dalam pelbagai bidang, rangka kerja perundangan yang komprehensif adalah diperlukan bagi memenuhi keperluan teknikal dan pengurusan untuk melindungi kesihatan awam, keselamatan dan alam sekitar.

Prinsip:

- i. Rangka kerja perundangan dan kawal selia nuklear yang komprehensif untuk memastikan bahawa teknologi nuklear hanya digunakan untuk tujuan aman
- ii. Semua tanggungjawab keselamatan nuklear, sekuriti dan kawal selia dilaksanakan mengikut dasar dan peraturan negara

- iii. Perundangan berubah selaras dengan keperluan baharu untuk memenuhi keselamatan dan sekuriti nuklear dengan mengambil kira perkembangan teknologi di seluruh dunia
- iv. Pematuhan terhadap sistem tadbir urus nuklear antarabangsa, ratifikasi konvensyen dan perjanjian Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (PBB) yang berkaitan untuk meningkatkan kredibiliti dan ketelusan negara bagi penggunaan teknologi nuklear secara aman

Asas Utama 2: Komunikasi, Pendidikan dan Kesedaran Awam (CEPA)

CEPA diperlukan untuk membina visi jangka panjang teknologi nuklear negara serta membina nilai sosial melalui libat urus dan komunikasi yang bersesuaian melibatkan pemegang taruh yang berkaitan.

Prinsip:

- i. Pelaksanaan CEPA melibatkan semua peringkat pemegang taruh termasuk pembuat dasar, kolaborator, industri dan masyarakat awam

- ii. Penyebaran maklumat dan pendidikan awam yang berterusan untuk mewujudkan kesedaran dan minat terhadap teknologi nuklear
- iii. Memanfaatkan media baharu dalam era digital bagi penyebaran maklumat dan komunikasi awam
- iv. Libat urus hendaklah dijalankan secara beretika, telus dan mengikut keperluan semasa



Asas Utama 3: Kesediaan Masa Hadapan

Kesediaan Masa Hadapan adalah salah satu asas utama dasar ini melalui pembinaan inovasi dan kesediaan digital, instrumen perundangan, bakat dengan kecekapan teras, infrastruktur dan sistem keselamatan yang kukuh. Terdapat sembilan kategori untuk kesediaan masa hadapan seperti di **Rajah 6**.



Rajah 6. Kategori Kesediaan Masa Hadapan

Kajian *foresight* dan pasaran secara berkala, serta rangkaian kerjasama yang kukuh dapat mewujudkan ekosistem nuklear yang responsif terhadap cabaran dan peluang baharu di masa hadapan.

Prinsip:

- i. *Foresight* berkala terhadap keadaan pasaran global dan perkembangan teknologi
- ii. Memastikan ekosistem nuklear yang cekap, adaptif dan responsif untuk membolehkan anjakan industri dan merentasi pelbagai sektor ekonomi.

iii. Kesedaran yang tinggi terhadap kepentingan teknologi nuklear untuk mempertingkatkan daya saing negara

iv. Memanfaatkan rangkaian kerjasama melalui platform kolaboratif



2.2 TERAS STRATEGIK

Strategi transformatif

Untuk menangani cabaran semasa dan membina ekosistem yang dinamik dan komprehensif, empat teras strategik telah digariskan dalam dasar ini.

Teras Strategik 1:

Memperkuh Tadbir Urus dan Platform Kerjasama

Membina ekosistem yang berfungsi dengan baik melalui rangka kerja perundangan dan kawal selia yang berkesan serta platform kerjasama bersepadu

1. Penubuhan Jawatankuasa Pemandu Teknologi Nuklear Kebangsaan dan penguatan rangka kerja pengawalseliaan
 - *Kelestarian ekosistem teknologi nuklear diperlukan untuk memastikan institusi tadbir urus yang kukuh*
2. Membangunkan platform kolaboratif teknologi nuklear dan data bersepadu sebagai repositori maklumat (R&D, paten, perkhidmatan, teknologi, produk)
 - *Perkongasian data dan maklumat melalui platform kerjasama yang efektif dan bersepadu akan menghasilkan output dan inovasi yang bernilai dan berimpak tinggi*

Teras Strategik 2:

Memperkasakan dan Meningkatkan Daya Saing Industri

Melonjakkan industri tempatan ke atas rantaian nilai untuk menjadi pemain serantau dan global dalam teknologi nuklear

1. Membangunkan strategi komunikasi untuk menguasai dan mewujudkan permintaan pasaran
 - *Permintaan pasaran diwujudkan melalui perkongsian maklumat mengenai faedah, peraturan dan garis panduan berkaitan*
2. Memposisikan industri tempatan pada kedudukan yang lebih tinggi dalam rantaian nilai
 - *Memperkasakan pemindahan teknologi dan keupayaan dinamik pekerja berpengetahuan bagi menghasilkan pengeluaran produk dan perkhidmatan penyemtempatan (localization) bernilai tinggi*
3. Mempertingkatkan rantaian bekalan sektoral
 - *Mewujudkan rantaian bekalan teknologi nuklear untuk setiap sektor fokus utama berserta pelan strategik dan pelaburan*
4. Perkongsian sumber, pengetahuan dan maklumat
 - *Mewujudkan rantaian bekalan tempatan yang berdaya maju ekonomi melalui penubuhan konsortium teknologi nuklear negara untuk perkongsian sumber, pengetahuan dan maklumat*
5. Menggunakan risikan pasaran untuk foresighting dan menilai potensi pasaran
 - *Memberi panduan kepada pemain industri dan institusi penyelidikan untuk menghasilkan produk dan perkhidmatan*



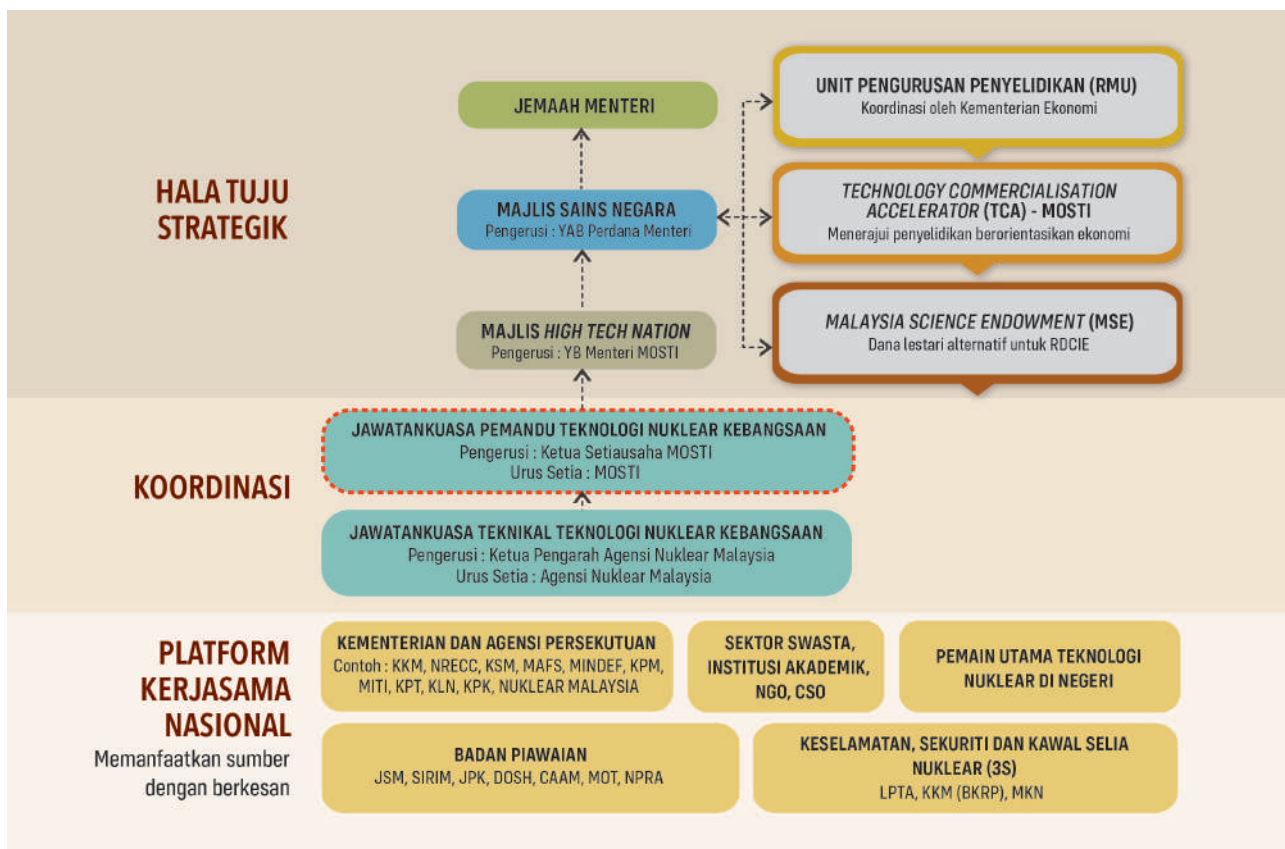
	<p><i>berasaskan permintaan pasaran</i></p> <p>6. Membina kerjasama antarabangsa</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Memperkuh pindahan teknologi dan pengetahuan melalui kerjasama antarabangsa bagi membina ekosistem STI teknologi nuklear tempatan</i>
<p>Teras Strategik 3:</p> <p>Membangunkan Bakat Berkemahiran Tinggi dan Adaptif melalui Pendekatan Pelbagai Disiplin</p> <p><i>Mempertingkatkan fleksibiliti kumpulan bakat untuk pembangunan teknologi nuklear</i></p>	<p>1. Membangunkan pelan kompetensi bakat yang holistik</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Membina kumpulan bakat teknologi nuklear selari dengan permintaan pasaran semasa dan masa hadapan, serta bidang keutamaan negara</i> <p>2. Memperkenalkan kurikulum pelbagai disiplin untuk kursus, pentauliahan mikro dan program pensijilan berpandukan permintaan pemegang taruh</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Penambahan pentauliahan mikro kepada program universiti akan melonjakkan Malaysia di peringkat antarabangsa.</i> <p>3. Kerjasama dengan pusat kecemerlangan terkemuka antarabangsa untuk pembangunan bakat</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Memudah cara pindahan teknologi dan pengetahuan melalui kerjasama antarabangsa bagi membangunkan bakat yang memenuhi piawaian global</i> <p>4. Mewujudkan kumpulan bakat berasaskan permintaan pasaran</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Membina bakat sedia industri untuk memastikan kesinambungan komitmen bagi membangunkan inovasi dan rantai nilai teknologi nuklear</i> <p>5. Meningkatkan dan menggalakkan prospek peluang pekerjaan dalam teknologi nuklear</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Memastikan kelestarian pembangunan bakat melalui program pembangunan berterusan (CDP)</i>
<p>Teras Strategik 4:</p> <p>Memajukan Penyelidikan & Inovasi untuk Penciptaan Nilai</p> <p><i>Mempergiat R&D dan penggunaan teknologi nuklear untuk memacu inovasi</i></p>	<p>1. Membina rantai nilai RDCIE yang lengkap dan bersepadu</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Menyelaras teknologi nuklear dengan bidang keutamaan negara untuk menyokong pembangunan sosioekonomi</i> <p>2. Mempromosikan kerjasama awam-swasta</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Mengarusperdanakan R&D teknologi nuklear berasaskan kepada permintaan pasaran</i> <p>3. Merangka hala tuju masa depan reaktor penyelidikan negara</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Memperluaskan rangkaian aplikasi berasaskan teknologi reaktor penyelidikan termaju</i>



4. Membangunkan teknologi *accelerator*
 - *Membina keupayaan tenaga kerja tempatan dalam mereka bentuk dan membina accelerator untuk memenuhi permintaan R&D dan kegunaan industri*
5. Memberi insentif kepada produk dan perkhidmatan tempatan
 - *Memperkuh mekanisme pembiayaan bagi menarik pelaburan sektor swasta serta menggalakkan pembangunan teknologi dan inovasi nuklear tempatan*

2.3 STRUKTUR TADBIR URUS DTNN

Bersesuaian dengan sifat teknologi nuklear yang dikategorikan sebagai teknologi tinggi, pelaksanaan DTNN diletakkan di bawah rangka kerja tadbir urus seperti di **Rajah 7**.



Rajah 7. Rangka Kerja Tadbir Urus DTNN

Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) bertindak sebagai kementerian yang menerajui pelaksanaan DTNN serta merangka pembangunan dasar yang berkaitan sains dan teknologi nuklear. Manakala, Nuklear Malaysia bertindak sebagai agensi penyelaras untuk platform kerjasama nasional termasuklah projek strategik berkaitan teknologi nuklear.

Jawatankuasa Pemandu Teknologi Nuklear Kebangsaan berperanan untuk menyelaras, membimbing, mengatur serta merangka agenda berkaitan teknologi nuklear. Jawatankuasa ini dipengerusikan oleh Ketua Setiausaha MOSTI dan ahlinya terdiri daripada pembuat dasar dan pakar dari agensi kerajaan yang berkaitan, institusi berasaskan negeri, pengawal selia, sektor swasta, ahli

akademik dan pertubuhan bukan kerajaan. Jawatankuasa ini memastikan penyelarasan dasar dan menggalakkan perkongsian data yang berkaitan dengan sains dan teknologi nuklear serta inovasi, merentasi pelbagai pihak berkepentingan yang berkaitan.

Jawatankuasa Teknikal Teknologi Nuklear Kebangsaan pula berperanan untuk menyelaras, meneliti serta menasihati aspek teknikal berkaitan teknologi nuklear. Jawatankuasa Teknikal ini dipengerusikan oleh Ketua Pengarah Agensi Nuklear Malaysia dan ahlinya terdiri daripada pakar teknikal daripada agensi kerajaan yang berkaitan, institusi berasaskan negeri, pengawal selia, sektor swasta dan ahli akademik.



DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

SEKTOR FOKUS UTAMA





SEKTOR FOKUS UTAMA

3.1 Perubatan dan Penjagaan Kesihatan



Malaysia mempunyai potensi untuk menjadi pemain terkemuka bagi pembuatan komponen teknologi perubatan nuklear dan perintis perubatan peribadi terutamanya dalam bidang radiologi diagnostik, radioterapi dan perubatan nuklear di rantau ini. Teknologi, kemudahan dan kepakaran sedia ada negara juga boleh digunakan untuk menyokong pembangunan rantaian bekalan radioisotop tempatan bagi tujuan perubatan dan kesihatan. Pada masa ini, terdapat lima siklotron perubatan di Malaysia yang membekalkan radiofarmaseutikal untuk tujuan diagnostik kepada hospital dan institut penyelidikan perubatan tempatan. Kebanyakan siklotron ini hanya tertumpu di wilayah tengah dan telah menimbulkan masalah pembekalan radioisotop berhayat rendah kepada pengguna di seluruh negara. Ini menyebabkan berlakunya kekangan penghantaran radioisotop ke hospital di seluruh negara apabila bekalan radioisotop yang tiba di hospital telah mengalami kehilangan 60%–70% dari jangka hayatnya. Dalam hal ini, adalah strategik bagi negara mempunyai kemudahan siklotron berdasarkan pendekatan berasaskan wilayah melalui analisis bekalan permintaan bagi wilayah yang berbeza di Malaysia.

Bagi menyelesaikan masalah pembekalan ini juga, hab pengeluaran berpusat untuk radioisotop dan

radiofarmaseutikal dicadang diwujudkan. Dengan mengambil kira kos pembangunannya yang tinggi dan faedahnya yang besar kepada sektor industri yang lain, perkongsian awam-swasta merupakan pilihan terbaik dalam usaha membina lebih banyak kemudahan siklotron di Malaysia pada masa hadapan. Melalui pengwujudan hab pengeluaran berpusat untuk pengeluaran radioisotop dan radiofarmaseutikal di negara ini, Malaysia boleh memasuki rantaian bekalan radioisotop serantau dan mampu memaksimumkan impak teknologi nuklear dalam industri perubatan tempatan dan serantau.

Ekosistem teknologi nuklear yang mantap dan dinamik akan meningkatkan potensi dan keupayaan sektor perubatan dan penjagaan kesihatan di Malaysia. Dengan wujudnya ekosistem yang kondusif, sektor ini berupaya menyediakan rangkaian perkhidmatan perubatan berkualiti tinggi dan kos efektif yang lebih luas kepada pelancong perubatan dari rantau ini. Dengan adanya hab pengeluaran berpusat untuk radioisotop dan radiofarmaseutikal, adalah dijangka pelancong kesihatan akan meningkat khususnya yang berkaitan dengan perubatan nuklear. Pada 2019, Malaysia merekodkan 1.3 juta orang pelancong kesihatan antarabangsa dengan jumlah RM1.7 bilion penjana pendapatan hospital. Kebanyakan pelancong ini adalah



dari Indonesia, Republik Rakyat China, India, Bangladesh, Jepun, United Kingdom, Filipina, Australia, Singapura dan Amerika Syarikat. Seperti yang diaspirasikan dalam bidang khusus nasional Rangka Kerja 10-10 MySTIE, perubatan kepersisan (*precision*) adalah salah satu bidang tumpuan yang diberi penekanan di peringkat nasional. Dalam sektor pelancongan bernilai tinggi, pelancongan perubatan

telah dikenal pasti sebagai satu sektor *niche* nasional dan berpotensi untuk meningkatkan sumbangannya kepada ekonomi negara.

Bagi melonjakkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, dua program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:

Program *Flagship* Perubatan & Penjagaan Kesihatan

1. Pengeluaran dan Pembuatan Penyurih Radioaktif dan Peranti Perubatan

Objektif: Meningkatkan kebolehcapaian dan kemampumilikan perkhidmatan radioterapi dan perubatan nuklear, membina kepakaran tempatan dalam pembuatan alat perubatan, meningkatkan mekanisme penghantaran ubatan melalui kaedah pengimejan molekul

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, Kementerian Kesihatan (KKM), Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI), Lembaga Pembangunan Pelaburan Malaysia (MIDA), Institut Jurutera Malaysia (IEM), NanoMalaysia Berhad (NMB), Institut Penyelidikan Perubatan (IMR), universiti, industri

2. Meningkatkan Perkhidmatan Radioterapi/ Onkologi dan Perubatan Nuklear

Objektif: Mewujudkan rantaian bekalan tempatan bagi perkhidmatan radioterapi dan perubatan nuklear untuk meningkatkan industri pelancongan perubatan

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, KKM, universiti, industri





3.2 Makanan dan Pertanian



Pada masa ini, negara banyak mengimport sumber bekalan makanan, seperti yang ditunjukkan oleh defisit perdagangan untuk barangan makanan sebanyak RM18 bilion pada tahun 2017. Manakala, pasaran eksport pada tahun 2021 menunjukkan Malaysia berada di kedudukan ke-13 dalam pasaran perdagangan buah-buahan tropika antarabangsa. Walaupun eksport buah-buahan Malaysia telah meningkat sejak 2013, masih terdapat defisit perdagangan kira-kira secara purata RM2 bilion disebabkan oleh peningkatan import makanan negara. Selain itu, terdapat juga keperluan untuk meningkatkan tahap sara diri (SSL) makanan negara dengan memanfaatkan teknologi baru serta memodenkan sektor pertanian. Keadaan ini menjadi lebih mendesak dengan berlakunya perubahan iklim global, pengeluaran hasil pertanian yang terhad dan harga bahan mentah yang semakin meningkat.

Oleh itu, bagi menangani cabaran ini, teknologi nuklear yang telah digunakan secara meluas di peringkat global mampu menawarkan penyelesaian kepada isu berkaitan

keselamatan dan sekuriti makanan, pengurusan tanah, tanaman dan ternakan, serta produktiviti dan kualiti bekalan makanan melalui sistem pertanian pintar.

Malaysia mempunyai infrastruktur dan kepakaran teknologi nuklear dalam pembiakan mutasi tumbuhan untuk menjana varieti tanaman dan benih yang lebih baik. Penggunaan kaedah penyinaran ini telah berjaya menghasilkan lebih daripada 30 jenis benih dan tanaman baharu dengan ciri yang lebih baik. Antaranya termasuklah penghasilan benih padi IS21 yang berjaya meningkatkan pendapatan petani melalui peningkatan hasil tuaian diantara 35 hingga 50 peratus. IS21 telah mendapat Anugerah Pencapaian Cemerlang FAO/IAEA 2014 dan 2021 bagi kategori pembiakan mutasi tumbuhan baka baharu padi dan Anugerah Tahun Pengkomersialan Malaysia 2021 untuk dua kategori iaitu Anugerah Usahawan Penyelidik dan *Supreme Award*. Varieti IS21 ini juga merupakan padi mutan pertama di Malaysia yang berjaya dimasukkan ke dalam senarai skim subsidi padi sah negara.



Berdasarkan kepada trend amalan dan penggunaan semasa, untuk memenuhi permintaan masa hadapan, pengeluaran pertanian dijangka meningkat kira-kira 70% pada tahun 2050. Oleh itu, Malaysia perlu mengukuhkan infrastrukturnya untuk membolehkan teknik isotop stabil dan lain-lain teknik yang berkaitan menjadi sebahagian daripada kaedah bagi memastikan kebolehesanan dan ketulenan makanan serta keselamatan bekalan makanan negara. Penentuan ketulenan dan penjejakan makanan menggunakan teknologi nuklear boleh menyumbang ke arah peningkatan keselamatan makanan. Teknik pensterilan serangga (*sterile insect technique*) pula boleh digunakan bagi mengawal serangga perosak yang lebih berkesan berbanding kaedah konvensional. Manakala, teknik penyinaran fitosanitari berpotensi untuk membantu industri kecil dan sederhana tempatan bagi memenuhi piawaian keselamatan import makanan yang ditetapkan oleh badan antarabangsa dan pasaran import. Ini secara tidak langsung berupaya meningkatkan eksport komoditi makanan negara ke pasaran global.

Selain itu, institusi penyelidikan yang berkaitan di Malaysia yang memiliki aset dan kepakaran yang tinggi dalam teknologi nuklear juga boleh membantu memajukan industri pertanian dan makanan negara. Ini termasuk

mengetengahkan teknik nuklear yang inovatif seperti pembiakan mutasi tumbuhan untuk menjana varieti tanaman baharu dan benih yang lebih baik, penanda molekul untuk tujuan pencirian makanan dan pemantauan terperinci keadaan tanah dan alam sekitar akibat perubahan iklim.

Inisiatif di bawah Program Flagship bagi sektor makanan dan pertanian ini adalah untuk mempertingkatkan kapasiti dan keupayaan negara untuk menghasilkan varieti biak baka dengan ciri yang lebih baik seperti baka yang tahan banjir dan kurang penggunaan air. Pertanian kepersisan pintar bersepadu akan dibangunkan untuk menambah penghasilan varieti tanaman yang lebih baik untuk diusahakan secara komersial. Program ini juga termasuklah pembangunan pusat kecemerlangan bagi mengesan ketulenan makanan bagi rangkaian bekalan produk halal, marin dan agromakanan. Inisiatif ini juga meliputi pembangunan kawalan serangga perosak dan mutasi aruhan serta penyinaran makanan yang berkaitan bagi meningkatkan nilai ekonomi industri pertanian dan makanan negara. Bagi melonjakkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, empat program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:



Program *Flagship* Makanan dan Pertanian

1. Ekonomi Teknologi Nuklear *Farm- Fork-Feedstock Circular*

Objektif: Mengoptimumkan nilai ekonomi industri pertanian makanan

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (MAFS), MITI, Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (NRECC), KKM, Jabatan Standard Malaysia (JSM), institusi penyelidikan, universiti, industri

2. Ketulenan dan kebolehesanan produk marin, agromakanan dan halal

Objektif: Mengesan rantaian bekalan produk marin, agromakanan dan halal untuk memastikan keaslian makanan

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, KKM, MAFS, MOSTI, MARDI, LPTA, institut penyelidikan

3. Penembusan Pasaran Antarabangsa: Pasaran eksport makanan dan buah-buahan tropika

Objektif: Menembusi pasaran global melalui penambahbaikan ke atas pematuhan pasaran eksport menggunakan teknik penyinaran makanan

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, KKM, MAFS, Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan (FAMA), Perbadanan Pembangunan Perdagangan Luar Malaysia (MATRADE), Lembaga Pembangunan Pelaburan Malaysia (MIDA), institut penyelidikan, universiti

4. Pertanian Bersepadu dengan Ketepatan Pintar

Objektif: Meningkatkan penggunaan forensik tumbuhan dan tanah, meningkatkan kawalan perosak, menggunakan teknik pembiakan mutasi untuk meningkatkan varieti tumbuhan yang dapat meningkatkan pendapatan petani kecil sekurang-kurangnya 40%, membangunkan mikro mutan dan bioproduct, meningkatkan produktiviti ternakan

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, MAFS, Kementerian Perladangan dan Komoditi (KPK), MARDI, institut penyelidikan, universiti, industri





3.2 Pembuatan Peranti dan Peralatan

Malaysia mempunyai ekosistem yang kukuh dalam sektor pembuatan, terutamanya dalam pengeluaran bahan, mesin dan peralatan, peranti elektronik dan elektrik, modul, komponen, peranti perubatan dan pakaian. Ini dibuktikan dengan sumbangan besar sektor ini kepada hasil eksport negara dengan nilai pelaburan sebanyak RM91.3 bilion pada tahun 2020 serta penciptaan banyak peluang pekerjaan walaupun dalam keadaan ekonomi global yang tidak menentu.

Malaysia berpotensi mengeluarkan peranti dan peralatan tempatan yang berkualiti tinggi dengan kos rendah untuk pelbagai sektor. Ini seterusnya dapat mengurangkan kebergantungan kepada produk import. Menurut statistik Jabatan Penyelidikan Statista (*Statista Research Department*) mengenai permintaan pasaran teknologi nuklear, permintaan global untuk komponen dan rekaan teknologi nuklear adalah besar. Oleh itu, Malaysia perlu merangsang pertumbuhan serta melengkapkan jalinan ekosistem sedia ada untuk membentuk persekitaran dan industri nuklear tempatan yang kukuh.

Keupayaan perindustrian tempatan dalam pembuatan peranti dilihat amat kukuh pada masa ini. Namun, bagi memenuhi pasaran nuklear, keupayaan dan infrastruktur ini perlulah dipertingkatkan. Oleh itu, penubuhan satu Pusat Pembangunan dan Pembuatan Peranti Prototaip Nuklear Kebangsaan akan membantu pemain industri

tempatan untuk memperoleh pemindahan teknologi, mempromosikan perkongsian awam swasta, meningkatkan permintaan pasaran dan menghasilkan peranti dan peralatan nuklear untuk tujuan eksport.

Penubuhan pusat ini juga dapat mengurangkan kos pelaburan yang tinggi yang perlu ditanggung oleh pihak industri memandangkan pasaran industri nuklear tempatan yang terhad. Pusat ini berupaya membantu industri tempatan meneroka peluang pasaran global yang mempunyai pasaran lebih luas. Ini dapat dilihat daripada peningkatan saiz pasaran loji janakuasa dan peralatan nuklear di seluruh dunia dari 2017 hingga 2025, dengan kadar pertumbuhan tahunan sebanyak 3.7 peratus. Melalui pusat ini, peluang kerjasama dengan institut penyelidikan dan rakan kongsi dari negara lain dapat diperluaskan bagi memudahcara pemindahan pengetahuan dan teknologi dari negara maju seperti Korea Selatan, Jepun, Republik Rakyat China dan Amerika Syarikat.

Sistem jaminan kualiti dalam bidang kejuruteraan, pembuatan komponen dan peranti nuklear juga adalah penting bagi membolehkan industri nuklear negara dapat memenuhi permintaan pasaran mengikut piawaian yang ditetapkan. Bagi meningkatkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, dua program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:



Program *Flagship* Pembuatan Peranti dan Peralatan

1. Pembuatan Instalasi, Peralatan dan Instrumentasi Nuklear

Objektif: Memberi perkhidmatan mereka bentuk, membangun dan membina sistem dan komponen reaktor nuklear berinovasi termaju untuk kegunaan dalam rantaian pembekalan bagi menjadikan Malaysia sebagai pengeluar teknologi

Pemain Utama : Nuklear Malaysia, MITI, Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT), SIRIM, *Malaysian Industry-Government Group For High Technology* (MIGHT), Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB), IEM, institusi penyelidikan, institut pengajian tinggi, industri

2. Perundingan, Reka Bentuk, Pemodelan dan Simulasi Sistem Pembuatan Berautomasi

Objektif: Mengoptimumkan model sistem penyelenggaraan ramalan dengan menggabungkan teknologi 4IR.

Pemain Utama : Nuklear Malaysia, KKM, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (DOSH), Institut Keselamatan & Kesihatan Pekerjaan Negara (NIOSH), IEM, institusi penyelidikan, institut pengajian tinggi, industri





3.3 Pengurusan Alam Sekitar dan Sumber Asli

Penggunaan teknik analisis nuklear bagi pengurusan alam sekitar dan sumber asli berupaya meningkatkan strategi pemantauan untuk perancangan pengurusan alam sekitar yang berkesan. Ini termasuklah pembangunan pangkalan data kualiti udara, mengenal pasti unsur dan elemen radioaktif dalam persekitaran marin serta memperkukuhkan struktur sistem pengurusan sumber air negara. Teknik ini juga menyediakan kaedah analisis yang sensitif dan tepat bagi menganalisis jumlah surihan bahan pencemar dalam atmosfera dan lautan. Teknik pengurusan alam sekitar secara konvensional tidak menekankan penggunaan teknik analisis nuklear yang dapat memberikan keputusan yang jitu dan tepat. Data-data kajian yang terhasil tidak diselaraskan untuk tujuan pengurusan alam sekitar yang berkesan bagi kegunaan agensi dan pemegang taruh yang lain.

Justeru, beberapa pendekatan adalah diperlukan untuk menangani permasalahan di atas, antaranya dengan mewujudkan platform kerjasama dan perkongsian melibatkan pelbagai pemegang taruh. Repositori pusat sehenti juga perlu diwujudkan dengan kerjasama dan penglibatan pelbagai agensi dan kementerian bagi menggalakkan pengurusan alam sekitar yang berkesan. Selain itu, pusat kecemerlangan bagi forensik alam sekitar boleh dibangunkan agar kapasiti, keupayaan dan sumber kepakaran teknikal negara dalam pengurusan alam sekitar boleh digunakan secara meluas. Di samping itu, teknologi sinaran juga boleh digunakan untuk mengurangkan tahap bahan pencemar tertentu dalam air dan pelepasan industri bagi mengurangkan kesan pencemaran alam sekitar. Penggunaan teknik nuklear inovatif sedemikian boleh membantu negara meningkatkan pengurusan sumber air, sistem pengairan, dan kajian pemendapan sedimen di Malaysia.

Pada tahun 1984, Malaysia telah menubuhkan Pusat Pengurusan Sisa Radioaktif Kebangsaan bagi pengurusan sisa radioaktif yang selamat di negara ini. Sisa radioaktif ini

terhasil daripada pelbagai aktiviti nuklear, seperti reaktor penyelidikan, institusi perubatan, sektor perindustrian dan amang daripada bahan radioaktif semulajadi (NORM) dalam pemprosesan mineral, dan industri minyak dan gas. Antara sisa ini, NORM dan sisa radioaktif punca terkedap (DSRS) adalah jenis sisa radioaktif yang paling banyak dihasilkan di Malaysia. Pada masa ini, kemudahan teknologi lubang gerak yang sedang dibangunkan dengan kerjasama IAEA di negara ini bagi melupuskan sisa DSRS terkumpul sejak 1984, mampu membina kepakaran tempatan dalam pengurusan sisa radioaktif yang selamat. Namun begitu, kemudahan ini tidak mampu menampung jumlah sisa radioaktif yang dijangka meningkat pada masa hadapan termasuk sisa bahan api nuklear terpakai daripada RTP. Oleh itu, penubuhan Repositori Sisa Radioaktif Kebangsaan adalah diperlukan bagi memastikan komitmen jangka panjang untuk menjamin pengurusan sisa radioaktif yang mampan dan selamat di Malaysia.

Malaysia kini berada di kedudukan kedua selepas Republik Rakyat China dan mempunyai sejumlah besar simpanan bahan nadir bumi yang sedia untuk diterokai. Oleh itu, negara boleh memanfaatkan limpahan nadir bumi, yang seterusnya dapat menyumbang kepada pertumbuhan ekonomi negara, khususnya dalam sektor elektrik dan elektronik. Penerokaan, perlombongan dan pemprosesan mineral bahan radioaktif semulajadi (NORM) memerlukan teknik khusus untuk mengekstrak elemen nadir bumi yang boleh digunakan sebagai sumber utama dalam penghasilan bahan termaju. Ini disebabkan mineral ini yang mengandungi bahan radioaktif perlu diekstrak secara selamat seperti yang digariskan oleh Akta 304. Dengan itu, penggunaan loji rintis pengekstrakan, penulenan dan remediasi nadir bumi perlu dioptimumkan bagi memanfaatkan limpahan simpanan nadir bumi di Malaysia.

Bagi mempertingkatkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, tiga program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:





Program *Flagship* Pengurusan Alam Sekitar dan Sumber Asli

1. Pengurusan Pelupusan Sisa Radioaktif

Objektif: Membangunkan pelan pengurusan dan kapasiti untuk menguruskan bahan api terpakai dan sisa radioaktif yang dihasilkan daripada penyahtauliah reaktor penyelidikan RTP

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, Jabatan Alam Sekitar (JAS), Kementerian Pendidikan Tinggi (KPT), Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (TVET), Kementerian Sumber Manusia (MOHR), Jabatan Pembangunan Kemahiran, Jabatan Perkhidmatan Awam (JPA), Majlis Amanah Raya (MARA), LPTA, MOSTI, Kementerian Luar Negeri (KLN), Jabatan Peguam Negara (AGC)

2. Forensik Persekitaran

Objektif: Meningkatkan pengesanan pencemar, pengurusan sumber air, skim pengairan dan sedimentasi melalui Teknik Analitik Nuklear Termaju (NAT)

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, JAS, Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS)

3. Pemprosesan Mineral Nadir Bumi

Objektif: Mengoptimumkan pengekstrakan, penulenan dan remediasi nadir bumi bagi memanfaatkan limpahan nadir bumi di Malaysia

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, NRECC, MOSTI, institusi penyelidikan, universiti, badan kawal selia, industri





3.5 Aplikasi Perindustrian



Aplikasi perindustrian merupakan satu bidang penting, yang mendapat manfaat daripada penggunaan teknologi nuklear secara aman. Aplikasi teknologi nuklear banyak digunakan dalam pelbagai industri seperti industri minyak dan gas, penjanaan kuasa, pengangkutan, aeroangkasa, perubatan dan pembuatan. Ia biasanya digunakan untuk mengoptimalkan produktiviti dan operasi industri serta menghasilkan barangan berkualiti tinggi termasuk pemeriksaan bahagian, komponen dan struktur, mengukur dan menggambarkan struktur dalaman objek dan aliran, pensterilan produk, pengubahsuaian dan pembangunan bahan termaju serta pengoptimuman proses, diagnostik dan penentuan.

Teknologi pemprosesan sinaran dianggap sebagai teknologi yang sedang berkembang di Malaysia. Pada masa ini, penyinaran sinar gama banyak digunakan terutamanya dalam pensterilan peranti perubatan dan nyahkontaminasi makanan dan produk makanan. Sebaliknya, pemprosesan sinaran yang menggunakan teknologi *accelerator* iaitu mesin pancaran elektron, masih mencari tempat yang lebih stabil dalam industri pembuatan negara.

Teknologi pemprosesan sinaran mempunyai potensi yang lebih baik berbanding teknologi konvensional kerana ia bebas bahan kimia. Oleh itu, ia dapat membantu dalam pengurangan jejak karbon kepada alam sekitar. Walau bagaimanapun, teknologi konvensional yang melibatkan proses kimia masih menjadi pilihan industri

kerana ia diterima dengan baik oleh pengguna dan kos yang lebih rendah. Bagi meningkatkan penggunaan teknologi pemprosesan sinaran di kalangan pemain industri, usaha bagi menggalakkan lebih banyak R&D dalam pemprosesan sinaran dengan menggunakan teknologi *accelerator* adalah penting bagi penghasilan bahan dan produk bernilai tinggi daripada bahan mentah bernilai rendah, seperti plastik kitar semula.

Pada masa ini, penerimaan teknologi nuklear dalam kalangan pemain industri tempatan adalah rendah disebabkan oleh pelaburan modal yang tinggi serta kekurangan peraturan atau piawaian yang menggalakkan penghasilan produk berkualiti dan berprestasi tinggi menggunakan teknologi ini. Sebagai contoh, polimer taut silang boleh dihasilkan sama ada melalui proses kimia atau sinaran. Namun, polimer taut silang yang dihasilkan melalui sinaran mempunyai kualiti dan prestasi yang lebih baik, dan lebih konsisten berbanding polimer taut-silang menggunakan bahan kimia.

Aktiviti R&D dalam bidang teknologi nuklear dan sinaran adalah aktif di institusi penyelidikan tempatan. Walau bagaimanapun, pengkomersialan output R&D di Malaysia masih dianggap rendah. Contohnya, kadar pengkomersialan purata yang rendah iaitu sebanyak 12.98% daripada hasil R&D Nuklear Malaysia dari 2015 hingga 2021. Untuk mengatasi jurang ini, pembangunan platform kerjasama antara kerajaan, pemain industri,



universiti dan institut penyelidikan amat diperlukan untuk menghasilkan R&D yang dipacu permintaan serta memudah cara pengkomersialan R&D tempatan dari makmal ke pasaran. Selain itu, tawaran dan insentif yang menarik perlu diwujudkan bagi menggalakkan pihak industri menggunakan teknologi nuklear.

Dari segi bakat, Malaysia mempunyai kepakaran yang mencukupi dalam sains, teknologi dan kejuruteraan yang boleh dikhususkan kepada teknologi nuklear. Sebagai contoh, bilangan jurutera berdaftar yang tinggi di Institusi

Jurutera Malaysia (IEM) dan Lembaga Teknologis Malaysia (MBOT) mencerminkan keupayaan modal insan negara. Memandangkan teknologi nuklear digunakan merentasi sektor, bakat sedia ada ini harus diberi latihan berterusan agar mempunyai asas sains yang kukuh dan pengetahuan pelbagai disiplin supaya mereka mampu menyesuaikan diri dalam pelbagai sektor.

Bagi mempertingkatkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, empat program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:

Program *Flagship* Aplikasi Perindustrian

1. Pembangunan Teknologi Ujian Tanpa Musnah Termaju (NDT)

Objektif: Memajukan NDT untuk meningkatkan kualiti dan standard sektor perindustrian Malaysia dan mendorong Malaysia menjadi hab pengetahuan dan perundingan serantau bagi NDT termaju

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, Institusi Penyelidikan, Universiti, JSM, DOSH, MSNT, Jabatan Pembangunan Kemahiran

2. Makmal Dosimetri Standard Utama

Objektif: Membangunkan infrastruktur untuk penentuan industri dan bahan untuk perisai dan aplikasi dosimetri

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, LPTA, JSM, institusi pengajian tinggi, institusi penyelidikan, industri

3. Produk bernilai tinggi berasaskan polimer semula jadi yang diubah suai sinaran

Objektif: Penggunaan strategik pemvulkanan getah untuk menyokong industri getah dan menghasilkan lebih banyak jenis polimer semula jadi bernilai tinggi yang diubah suai sinaran dan mesra alam

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, Lembaga Getah Malaysia (LGM), institusi penyelidikan, industri

4. Aplikasi akselerator untuk pemprosesan sinaran

Objektif: Membangunkan teknologi pemprosesan sinaran berasaskan *accelerator* untuk memperkasakan revolusi perindustrian negara, dengan menghasilkan teknologi yang difungsikan oleh struktur nano, komposit polimer dan kabel berprestasi tinggi untuk pelbagai sektor (automotif, bangunan dan pembinaan)

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, institusi penyelidikan, institut pengajian tinggi, MITI, Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB), Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara (LKTN), KPKT, NMB, IEM, industri





3.6 Keselamatan dan Sekuriti Nuklear

Keupayaan Malaysia dalam menerajui bidang keselamatan dan sekuriti nuklear berpotensi menjadikan negara sebagai hab perkhidmatan dan latihan serantau dalam bidang ini pada masa hadapan. Ini adalah selaras dengan pemilihan Malaysia sebagai Pusat Latihan Serantau IAEA dalam bidang perlindungan dan keselamatan sinaran sejak tahun 2000 dan Pusat Sokongan Sekuriti Nuklear Serantau (NSSC).

Dari segi infrastruktur, Malaysia dilengkapi dengan sistem pengesanan bahan nuklear dan radioaktif melalui 82 portal pemantauan sinaran (RPM) di pintu masuk dan keluar seluruh negara. Kemudahan ini membolehkan Malaysia mengesan pergerakan keluar masuk bahan nuklear dan bahan radioaktif. Di samping itu, Malaysia juga dilengkapi dengan lapan Stesen Pemantauan Sinaran Alam Sekitar (ERMS) untuk memantau tahap radiasi alam sekitar. Malaysia juga mempunyai kemudahan dan makmal keselamatan dan sekuriti nuklear seperti *Regional Loaner Pool* untuk peralatan pengesan sinaran, Makmal Perlindungan Fizikal, Makmal Penerimaan dan Pengujian, Makmal Radiologikal Bergerak, Makmal Radiokimia dan Alam Sekitar, dan Makmal Kimia Analisis.

Malaysia juga berhasrat untuk membangunkan kemudahan forensik nuklear negara. Kepakaran dan kesedaran terhadap forensik nuklear di negara ini adalah penting bagi mencegah dan bertindak balas terhadap kejadian

sekuriti nuklear global. Ini disokong melalui penyertaan dalam projek penyelidikan yang diselaraskan oleh IAEA dengan penglibatan penyiasat forensik nuklear terkemuka. Gabungan kemudahan ini dan latihan yang mencukupi akan membolehkan Malaysia menjadi hab perkhidmatan dan latihan serantau dalam bidang ini menjelang tahun 2030.

Budaya keselamatan dan sekuriti nuklear juga perlu dipupuk dan dikekalkan untuk menekankan aspek perlindungan sinaran, memastikan perlindungan manusia dan alam sekitar, serta mencegah daripada kecurian, kehilangan dan pemindahan bahan nuklear dan radioaktif tanpa kebenaran. Ia juga berupaya meminimumkan risiko yang berkaitan dengan bahaya sinaran. Program kesedaran dan latihan berkala yang berterusan boleh memberi impak dalam membangunkan budaya keselamatan dan sekuriti yang mampan melalui penyebaran garis panduan dan peraturan khusus berkaitan bahan nuklear kepada orang ramai.

Malaysia merupakan negara yang aktif dalam pelbagai jaringan kerjasama antarabangsa dan serantau berkaitan bidang keselamatan dan sekuriti nuklear. Kerjasama antarabangsa sedia ada antaranya seperti IAEA, *Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA)*, *European Union Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (EU-CBRN)*



dan ASEANTOM harus dimanfaatkan untuk mempertingkatkan keupayaan Malaysia sebagai hab perkhidmatan dan latihan serantau untuk menerajui bidang keselamatan dan sekuriti nuklear. Sebagai contoh, ASEAN *Network of Regulatory Bodies on Atomic Energy* (ASEANTOM) menyediakan jaringan kawal selia untuk Malaysia bekerjasama dalam perundangan keselamatan dan sekuriti nuklear di peringkat serantau.

Selain itu, keahlian Malaysia dalam Triti Pengharaman Menyeluruh Ujian Senjata Nuklear (CTBT) membolehkan negara menyertai jaringan antarabangsa bagi memantau dan mengesan aktiviti ujian letupan dan senjata nuklear global.

Melalui keahlian ini, Malaysia diberi kepercayaan untuk menempatkan satu stesen pemantauan radionuklid (RN42) di Cameron Highlands, Pahang. Keahlian ini menunjukkan komitmen Malaysia terhadap penggunaan teknologi nuklear secara aman termasuk keahlian Perjanjian Zon Bebas Senjata Nuklear Asia Tenggara (SEANWFZ) dan *Zone of Peace, Freedom and Neutrality Treaty* (ZOPFAN).

Bagi mempertingkatkan penggunaan teknologi nuklear dalam sektor ini, empat program *flagship* telah dikenal pasti seperti berikut:

Program *Flagship* Keselamatan dan Sekuriti Nuklear

1. Forensik Nuklear

Objektif: Memperkukuh prosedur dan infrastruktur responsif terhadap forensik nuklear dan radiologi untuk Malaysia menjadi hab pengetahuan dan perundingan serantau

Pemain Utama: Nuklear Malaysia, MKN, LPTA, institusi pengajian tinggi, Jabatan Kimia Malaysia, SIRIM, Forensik Polis Diraja Malaysia (PDRM)

2. Kesediaan Kecemasan

Objektif: Meningkatkan kapasiti kesediaan kecemasan radiologi untuk memastikan pelan kontingensi kecemasan yang berkesan

Pemain Utama: LPTA, Nuklear Malaysia, KKM, Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA), kerajaan negeri dan pihak berkuasa tempatan

3. Pengesanan sinaran dalam sekuriti nuklear

Objektif: Mempertingkatkan keupayaan dalam pengesanan dan pemantauan sinaran melalui kajian kejuruteraan terbalik ke atas portal pemantauan sinaran (RPM) dan pengimbas untuk mempercepatkan kan pembuatan tempatan bagi komponen ini

Pemain Utama: Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Jabatan Kastam Diraja Malaysia (JKDM), LPTA, Nuklear Malaysia, MOSTI, MITI, industri

4. Pembinaan Keupayaan Keselamatan & Sekuriti Nuklear untuk mempertingkatkan Kepakaran Organisasi Sokongan Teknikal Nuklear

Objektif: Membangunkan program latihan e-pembelajaran mengenai keselamatan dan sekuriti nuklear, serta menjalankan penilaian risiko dan penilaian kebarangkalian terhadap reaktor penyelidikan

Pemain Utama: LPTA, Nuklear Malaysia, KKM, JKDM, Jabatan Pembangunan Kemahiran



DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

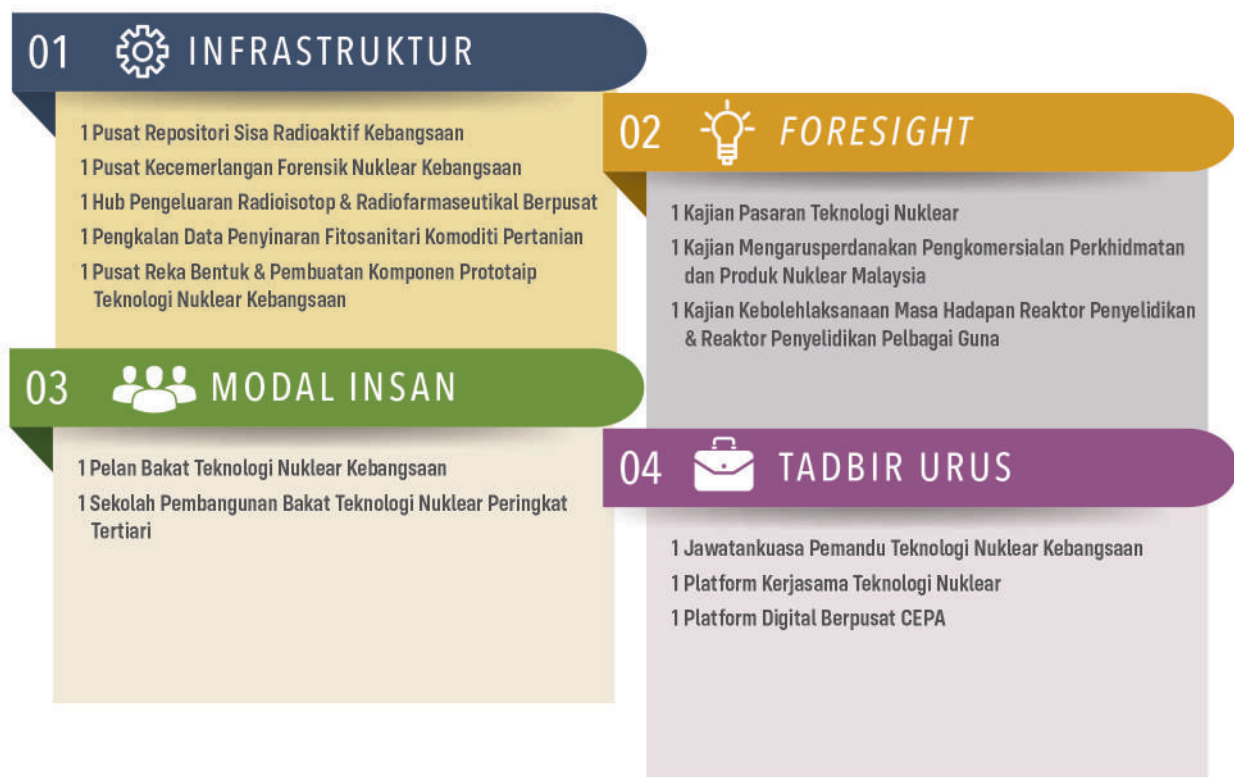
2030

SASARAN UTAMA DTNN



4.0 SASARAN UTAMA DTNN

Dasar ini bertujuan untuk memperluaskan tahap sumbangan teknologi nuklear kepada produktiviti negara dengan memperkukuh kapasiti dan keupayaan inovasi serta memacu pembangunan bakat berkemahiran tinggi bagi menyokong aspirasi negara untuk menjadi sebuah negara yang progresif, harmoni, makmur dan mampan menjelang 2030. Sasaran utama dasar ini adalah di **Rajah 8** seperti berikut:



Rajah 8. Sasaran Utama DTNN



DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

KESAN LIMPAHAN EKONOMI TERHADAP EKOSISTEM TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA



5.0 KESAN LIMPAPAN EKONOMI TERHADAP EKOSISTEM TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

Dengan adanya inisiatif ini, adalah diharapkan kesan limpahan ekonomi terhadap landskap negara dapat dilihat, seperti:

- i. Peningkatan pertumbuhan tahunan nilai eksport produk berkaitan teknologi nuklear tempatan berjumlah sebanyak RM2.403 billion pada tahun 2030 dengan peningkatan sebanyak 10% setahun (Data asas : Pertumbuhan tahunan dari 2016-2020 adalah sebanyak RM 578 - 656 juta)
- ii. 20% peningkatan perkongsian awam swasta dan pembangunan kapasiti RDCIE setahun (Data asas: 11 perkongsian industri pada tahun 2020)
- iii. 10% peningkatan kerjasama antarabangsa bagi pembangunan kapasiti setahun (Data asas: 36 program kerjasama teknikal pada tahun 2020)
- iv. 40% peningkatan penggunaan teknologi nuklear dalam bidang khusus STIE negara daripada data asas bidang STIE semasa (Data asas: 17 daripada 30 bidang khusus STIE negara pada tahun 2020)
- v. 60% instrumen antarabangsa yang ditandatangani berkaitan dengan keselamatan, sekuriti, kawalseliaan nuklear (Data Asas : 5/22 perjanjian di bawah IAEA telah ditandatangani sehingga tahun 2020 [23%])



An aerial photograph of Kuala Lumpur, Malaysia, showing a dense urban landscape with numerous skyscrapers. The Petronas Twin Towers are prominent on the left, and the Kuala Lumpur Tower is visible on the right. The city is set against a backdrop of hazy mountains under a clear sky.

DASAR TEKNOLOGI NUKLEAR NEGARA

2030

KESIMPULAN

6.0 KESIMPULAN

Teknologi nuklear telah digunakan secara meluas dalam pelbagai sektor ekonomi utama di Malaysia. Peranan teknologi nuklear dijangka akan semakin meningkat pada masa hadapan. Ini selaras dengan kemajuan pesat industri yang semakin berkembang serta kelebihan teknologi nuklear sebagai penyelesaian secara kos efektif dalam pelbagai sektor.

DTNN merupakan komitmen Kerajaan untuk mempertingkatkan penggunaan teknologi nuklear secara aman untuk pembangunan negara. Dasar ini menetapkan pendekatan strategik untuk membangun, mengekalkan dan mengoptimalkan penggunaan teknologi nuklear secara aman untuk menyokong pertumbuhan sosioekonomi dan kemampuan negara. DTNN ini dibangunkan berdasarkan ekosistem teknologi nuklear, pencapaian, pengalaman, pengajaran dan prospek teknologi nuklear di negara ini, dengan mengambil kira perkembangan teknologi nuklear di peringkat antarabangsa.

DTNN ini merangka hala tuju strategik jangka panjang untuk memacu pembangunan teknologi nuklear dalam memenuhi keperluan negara serta menyokong inisiatif negara, ke arah melaksanakan Agenda 2030 dan Wawasan Kemakmuran Bersama 2030. Dasar ini telah menggariskan tiga Asas Utama, 12 Prinsip, empat Teras Strategik, 18 Strategi, 46 Langkah Dasar, enam Sektor Fokus Utama, 19 Program Flagship dan 40 Inisiatif Flagship yang akan dilaksanakan sehingga 2030.

DTNN membentuk asas yang kukuh dalam mengurusperdanakan teknologi nuklear di Malaysia. Pelaksanaan dasar ini akan diterjemahkan dalam peningkatan kepada kesedaran awam, penerimaan masyarakat serta pembudayaan dan kemajuan teknologi nuklear. Oleh itu, DTNN akan membolehkan negara memaksimumkan manfaat penggunaan teknologi nuklear secara aman untuk pembangunan sosioekonomi negara.



NOTA



NOTA



NOTA



ISBN 978-967-2741-10-7



9 789672 741107