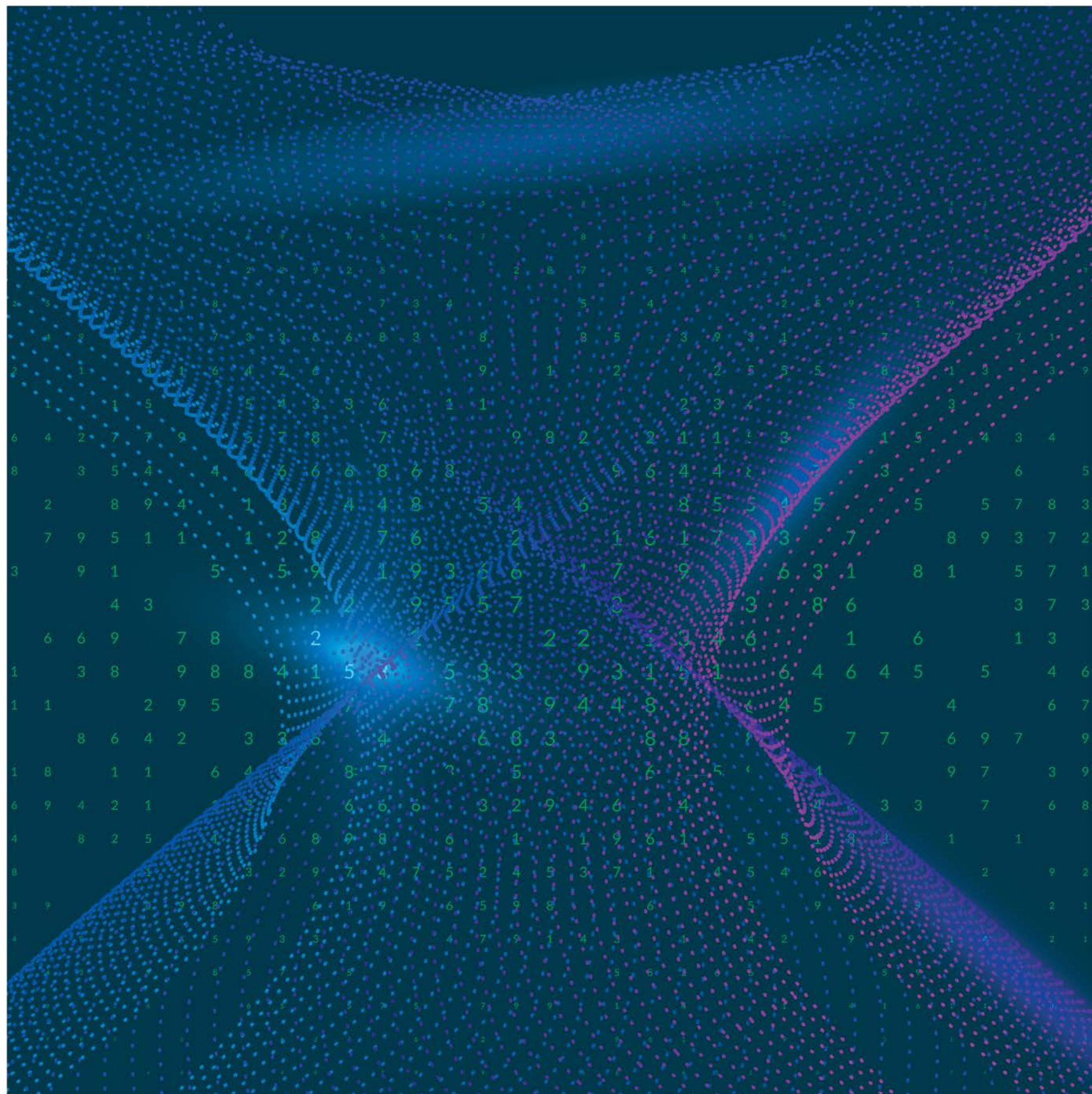


KEMENTERIAN SAINS,
TEKNOLOGI DAN INOVASI

DASAR DAN STRATEGI NANOTEKNOLOGI NEGARA 2021-2030

**Kemajuan STI Menuju Negara
yang Progresif dan Makmur**





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

DASAR DAN STRATEGI NANOTEKNOLOGI NEGARA 2021-2030

Kemajuan STI Menuju Negara
yang Progresif dan Makmur



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

DASAR DAN STRATEGI NANOTEKNOLOGI NEGARA 2021-2030

**Kemajuan STI Menuju Negara
yang Progresif dan Makmur**

Cetakan Pertama 2021

DITERBITKAN OLEH:

KEMENTERIAN SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI (MOSTI)

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

Tel MyGCC: (603) 8885 8000

Faks: (603) 8888 9070

E-mel: enquiry@mosti.gov.my

Laman Sesawang: www.mosti.gov.my

© 2021 Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

Hak Cipta Terpelihara. Tidak ada bahagian penerbitan ini yang dapat diterbitkan semula, disalin, disimpan dalam sistem pengambilan, atau dihantar dalam bentuk apa pun atau dengan cara apa pun - elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman atau sebaliknya; tanpa kebenaran dari Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

DASAR DAN STRATEGI
NANOTEKNOLOGI NEGARA
2021-2030

KANDUNGAN

Kemajuan STI Menuju Negara yang
Progresif dan Makmur

Perutusan YB Dato' Sri Dr. Adham Bin Baba Menteri Sains, Teknologi dan Inovasi	1
--	---

Kata Aluan YBhg. Datuk Zainal Abidin Bin Abu Hassan Ketua Setiausaha Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi	2
---	---

BAB 1: ASPIRASI NANOTEKNOLOGI DI MALAYSIA 3

Nanoteknologi: Merevolusikan Masa Hadapan & Pemerdaya Kemajuan STI	4
Nanoteknologi secara Global	7
Nanoteknologi ke Arah Mencapai Aspirasi Malaysia	12

BAB 2: NANOTEKNOLOGI DI MALAYSIA – KINI & MASA DEPAN 17

Perkembangan Nanoteknologi di Malaysia	17
Lanskap & Inisiatif Nanoteknologi: Di Mana Kita?	20
Ekosistem & Tadbir Urus	20
Penyelidikan & Pembangunan (R&D)	22
Pengkomersialan	30
Standard, Keselamatan dan Regulatori	44
Isu dan Cabaran	48

BAB 3: DASAR & STRATEGI NANOTEKNOLOGI NEGARA 50

Latar Belakang Dasar	50
Kenyataan Dasar	50
Visi	50
Misi	50
Objektif Dasar	50
Dasar dan Strategi	51
Teras Strategik 1: Memperkukuhkan Ekosistem dan Tadbir Urus	51
Teras Strategik 2: Memakmurkan Penyelidikan & Pembangunan (R&D)	60
Teras Strategik 3: Meningkatkan Pengkomersialan dan Memacu Industri	70
Teras Strategik 4: Memperkukuhkan Standard, Keselamatan dan Regulatori	78

BAB 4: MELANGKAH KE HADAPAN 81

Maklumat Tambahan	99
Rujukan	122
Glosari	

A portrait of YB. Dato' Sri Dr. Adham Bin Baba, a middle-aged man with short grey hair and glasses, wearing a dark blue suit, a light blue shirt, and a red patterned tie. He is standing in front of a modern building with large glass windows and a blue sky. The background is slightly blurred.

PERUTUS

YB. DATO' SRI DR. ADHAM BIN BABA
MENTERI SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh dan Salam Sejahtera,

Dasar dan Strategi Nanoteknologi Negara (DSNN) 2021-2030 merupakan komitmen Kerajaan dalam meningkatkan, merencanakan dan memajukan nanoteknologi ke arah memacu pertumbuhan sosio-ekonomi negara.

Potensi yang wujud melalui nanoteknologi dilihat mampu menyelesaikan pelbagai cabaran yang dihadapi negara, antaranya adalah kebergantungan kepada pekerja asing dalam sektor pembuatan, pembinaan dan pertanian, masalah pencemaran alam sekitar, penjana tenaga boleh diperbaharui, hasil pertanian dan sekuriti makanan serta pelbagai lagi bidang keutamaan negara.

Dengan misi utama untuk mengarusperdanakan nanoteknologi dalam kehidupan seharian, ia juga bertindak sebagai pemerdaya merentas pelbagai disiplin bidang bagi menyokong dan mencapai penggunaan teknologi yang meluas menjelang 2030. Di samping itu, nanoteknologi berupaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan persekitaran serta membangunkan sains, teknologi, industri dan ekonomi negara yang lestari.

Pelbagai strategi dan inisiatif akan dilaksanakan dalam tempoh 10 tahun untuk memastikan matlamat dasar ini tercapai. Saya mengharapkan komitmen dan sokongan padu daripada pelbagai pihak supaya DSNN 2021-2030 dapat memacu pembangunan sosioekonomi negara serta pengaplikasian teknologi nano tempatan ke arah mencapai status negara berteknologi tinggi.

Sekian, Wassalam.

YB DATO' SRI DR. ADHAM BIN BABA

Menteri Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

AN



KATA ALU

YBHG. DATUK ZAINAL ABIDIN BIN ABU HASSAN

KETUA SETIAUSAHA KEMENTERIAN SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh dan Salam Sejahtera,

Dasar dan Strategi Nanoteknologi Negara (DSNN 2021-2030) telah dibangunkan oleh Pusat Nanoteknologi Kebangsaan (NNC), Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) dengan kerjasama rakan strategik Akademi Sains Malaysia (ASM).

Dasar ini menggariskan hala tuju strategik agenda pembangunan nanoteknologi negara seterusnya merencanakan pembangunan teknologi tempatan melalui program dan pelan tindakan yang telah dirancang.

Demi memastikan industri nanoteknologi di Malaysia mampu kekal berdaya saing dan maju ke hadapan, objektif DSNN 2021-2030 adalah untuk menyelaraskan pembangunan dengan merentas pelbagai sektor melalui nanoteknologi. Selain itu, penyelidikan, teknologi, produk, bakat dan aktiviti pengkomersialan yang khusus dalam nanoteknologi berupaya untuk meningkatkan sumbangan ekonomi negara. Seterusnya, merencanakan pertumbuhan industri nanoteknologi tempatan melalui program dan pelan tindakan serta mewujudkan kerangka keselamatan dan peraturan yang komprehensif untuk pengembangan nanoteknologi.

Bagi merealisasikan hasrat ini serta menggalas visi DSNN 2021-2030 iaitu Nanoteknologi: Membentuk negara berteknologi tinggi 2030, dasar ini merangkumi 4 Teras Strategik disokong oleh 15 Strategi dan 32 Inisiatif yang merentasi pelbagai sektor ekonomi. Pelaksanaan dasar ini akan memberi manfaat kepada pembentukan ekosistem nanoteknologi negara yang dinamik dan progresif. Selain itu, ia mampu meningkatkan penggunaan sumber yang lebih efisien di samping mengoptimalkan kos penyelidikan serta pembangunan teknologi dan produk untuk kemajuan negara bagi rakyat, industri dan ekonomi.

Komitmen dan dedikasi semua pihak yang terlibat telah membawa kejayaan dalam penggubalan DSNN 2021-2030. Matlamat dasar ini dapat dicapai sekiranya isu dan cabaran negara dapat diatasi melalui langkah-langkah strategik dan kerjasama erat antara sektor awam, swasta, ahli akademik dan masyarakat. Saya yakin kejayaan pelaksanaan dasar ini akan membawa Malaysia menuju ke arah negara maju dan berteknologi tinggi khususnya nanoteknologi sebagaimana yang diimpikan.

Sekian, Wassalam

DATUK ZAINAL ABIDIN BIN ABU HASSAN

Ketua Setiausaha Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)

AN

BAB
01

ASPIRASI
NANOTEKNOLOGI
DI MALAYSIA

KEMAJUAN STI UNTUK KEBAIKAN HARI ESOK

Dunia kini perlu dilihat melalui pelbagai cabaran transformasi utama abad ke-21, iaitu globalisasi, digitalisasi, jangkaan krisis ekonomi global dan penerimaan dan penggunaan teknologi disruptif.

Dengan kemunculan Revolusi Perindustrian Keempat, sejumlah teknologi baharu yang menggabungkan asas dunia fizikal, digital dan biologi kini mempengaruhi kesemua disiplin, ekonomi dan industri, bahkan mencabar fahaman kehidupan manusia. Perubahan tidak terancang yang disaksikan dari cara hidup, pekerjaan dan hubungan antara satu sama lain, tidak seperti apa yang pernah dialami oleh manusia dari segi skala, skop dan kerumitan.

Ekonomi yang diterajui inovasi dan berintensifkan pengetahuan, mentakrifkan semula lanskap sosioekonomi global. Dalam era ekonomi baharu ini, teknologi disruptif seperti data raya dan IoT, telah dikenal pasti sebagai pemacu utama perubahan. Akan tetapi, kesan pengaruh daripada impak yang lain seperti proses pembandaran yang pesat dan penemuan penting teknologi,

tidak dapat disisihkan daripada seluruh spektrum perniagaan, industri dan masyarakat. Mungkin juga terdapat pengaruh lain yang perlu dihadapi dan ditangani. Dari sudut pandangan futuris, untuk maju ke hadapan, empat konvergen utama – manusia dan mesin, perisian dan biologi, dunia fizikal dan alam maya, kecerdasan buatan dan kecerdasan manusia; perlulah direntangi secara saksama. Beberapa kajian terkini juga telah menyentuh tentang kemunculan revolusi NBIC, iaitu penyatuan dan konvergen Nanoteknologi, Bioteknologi, Teknologi Maklumat dan Sains Kognitif. Hal ini menandakan suatu era yang bukan sahaja menemukan teknologi yang hebat, tetapi juga penumpuan dan teknologi konvergen. Kepelbagaian teknologi baru muncul menjadi bukti kepada hal ini.

Berdasarkan kewajaran yang dinyatakan di atas, banyak negara komited untuk melaburkan sumber mereka untuk membangun serta memajukan keupayaan dan kemampuan sains, teknologi, dan inovasi (STI) mereka, serta memanfaatkan STI melalui kemajuan teknologi disruptif yang baru muncul bagi melaksanakan proses transformasi dan daya saing sosioekonomi. Dalam usaha ini, nanosains dan nanoteknologi dilihat sebagai kunci penting untuk kemajuan yang pesat dalam bidang-bidang frontier STI, dan ini menjelaskan keunggulan mereka dalam penyelidikan yang dilakukan oleh akademik mahupun industri merentasi dunia.

NANOTEKNOLOGI: MEREVOLUSIKAN MASA HADAPAN & PEMERDAYA KEMAJUAN STI

Nanoteknologi tidak lagi unik dalam perkembangan teknologi masa kini. Teknologi ini diposisikan sebagai teknologi baru muncul yang telah dan akan menyumbang secara signifikan kepada pertumbuhan ekonomi dan penciptaan pekerjaan dalam beberapa dekad mendatang serta merevolusikan masa hadapan.

Nanoteknologi terdiri daripada tatasusunan pelbagai teknologi yang tidak berkaitan, tetapi merentasi kesemua bidang disiplin saintifik tradisional yang meliputi penggunaan bahan skala nano atau bahan nano dengan sifat unik (elektromagnet, kemagnetan, termal, dan optik) yang tidak dapat dimanfaatkan fungsinya daripada keadaan pukal semula jadi mereka. Keterbaharuan sifat nano ini telah dapat menambah baik dan merevolusikan banyak sektor teknologi dan perindustrian termasuk, tetapi tidak terhad, perubatan, keselamatan makanan dan air, teknologi maklumat, komunikasi/perhubungan, pengangkutan dan juga mitigasi kerosakan alam sekitar.

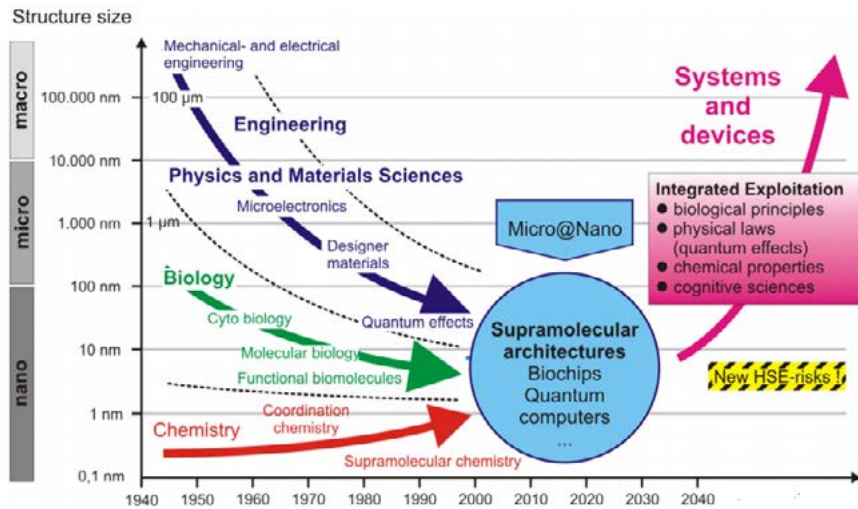
Sebenarnya, kepentingan nanoteknologi telah diakui sejak akhir 1990-an hingga awal 2000 dan nanosains sejak itu disebut sebagai “pengufuk”, “kekunci” dan “pemerdaya” kerana keterangkuman penyebarannya hampir dalam semua sektor teknologi. Dalam dua dekad ini, pendekatan global terhadap tadbir urus nanoteknologi telah berkembang dengan baik bermula dengan pengesahan ke atas daya maju dan kepentingan sosial untuk aplikasi nanoteknologi, kepada hasil ekonomi dan sosial daripada produk nanoteknologi terutamanya bagi aspek persekitaran, kesihatan, keselamatan serta kesan etika, undang-undang dan sosialnya.

Hal ini dijangka mampu mencapai aplikasi yang lebih meluas dalam pelbagai produk dan proses, nanoteknologi pada masa kini telah beralih ke arah generasi produk nanoteknologi yang lebih kompleks, dan keperluan untuk menangani cabaran sosial yang luas seperti kelestarian

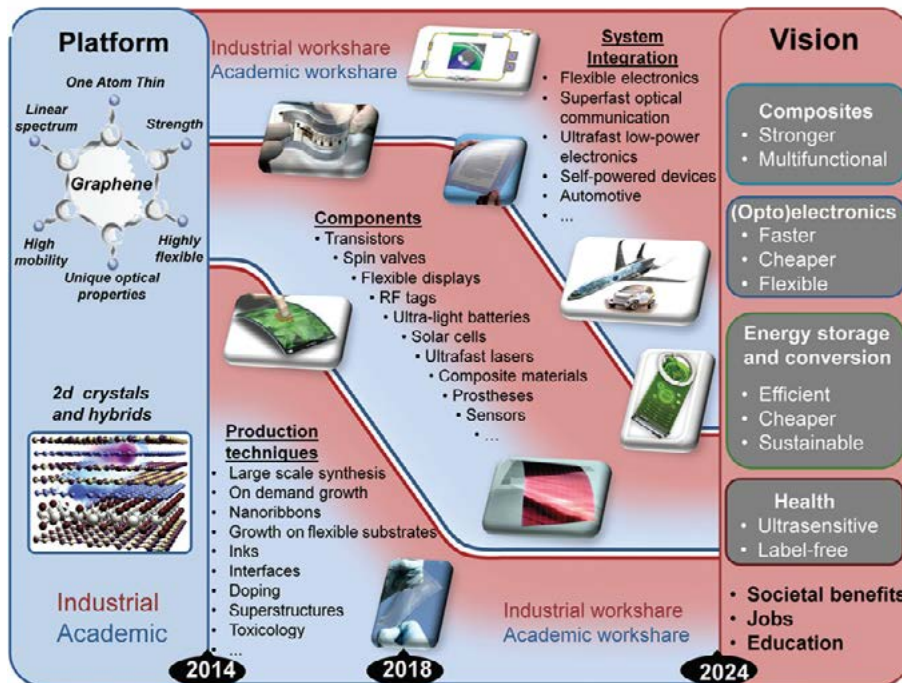
dan kesihatan. Peralihan kemampuan saintifik ini kepada sistem nano yang kompleks dan komponen molekul “bottom-up” berasaskan nanoteknologi diunjurkan akan melipat gandakan potensi keuntungan sosial dan kemajuan STI.

Sebagai platform pemerdaya yang berpotensi besar dan bersifat kos yang efektif; bahan, produk, aplikasi, dan proses baharu dapat direka cipta melalui manipulasi skala nano yang menghala kepada perubahan paradigma perindustrian dan sosioekonomi. Hal ini membolehkan aplikasi sistem yang lebih kecil, ringan, murah dan cekap tenaga.

Pengetahuan dan teknologi konvergen pada skala nano membawa dunia kepada banyak peluang pertumbuhan yang menarik (Rajah 1a). Konsep nano konvergen ini dijangkakan dapat memenuhi hampir setiap keperluan industri, produk dan keperluan pengguna pada masa hadapan. Hal ini juga bersesuaian dengan ekonomi hijau yang sedang berkembang kerana nanoteknologi menyediakan pelbagai punca produk dan aplikasi untuk teknologi hijau yang bersih, lestari dan bebas sisa. Hal ini akan sekali gus menyelesaikan keperluan tenaga dan persekitaran yang mendesak.



Sumber: [a] Juanola-Feliu, Samitier, & Valls-Pasola, 2010.



Sumber: [b] Ferrari et al., 2015

Rajah 1: [a] Pengetahuan konvergen melalui nanoteknologi,
[b] Pencapaian aplikasi bahan nano (Graphene) dalam pelbagai bidang

Nanoteknologi konvergen dengan teknologi utama lain yang kemudiannya menyebabkan pencapaian kepada platform teknologi masa depan dan bersepadu (Rajah 1b). Penyepaduan teknologi asas dan umum kemudiannya akan berkembang kepada bidang penyelidikan dan pengeluaran baharu. Ini akan menyumbang kepada proses pencapaian konvergen untuk *megatrend sains* dan teknologi (S&T) yang secara langsung menyumbang kepada kemajuan STI, sehingga membawa kepada revolusi masa hadapan. Secara ringkasnya, nanoteknologi akan meningkatkan dan merevolusikan pelbagai sektor teknologi dan industri untuk kepentingan masyarakat umum.

NANOTEKNOLOGI:
MEREVOLUSIKAN MASA HADAPAN
& PEMERDAYA KEMAJUAN STI

Aplikasi nanoteknologi yang mempunyai kualiti yang versatil dan rentas bidang dijangka akan berkembang pesat secara eksponen untuk dekad berikutnya. Diunjurkan bahawa menjelang tahun 2020, nilai pasaran nanoteknologi global boleh meningkat antara USD2.33 bilion ke USD5.76 trilion (Jadual I).

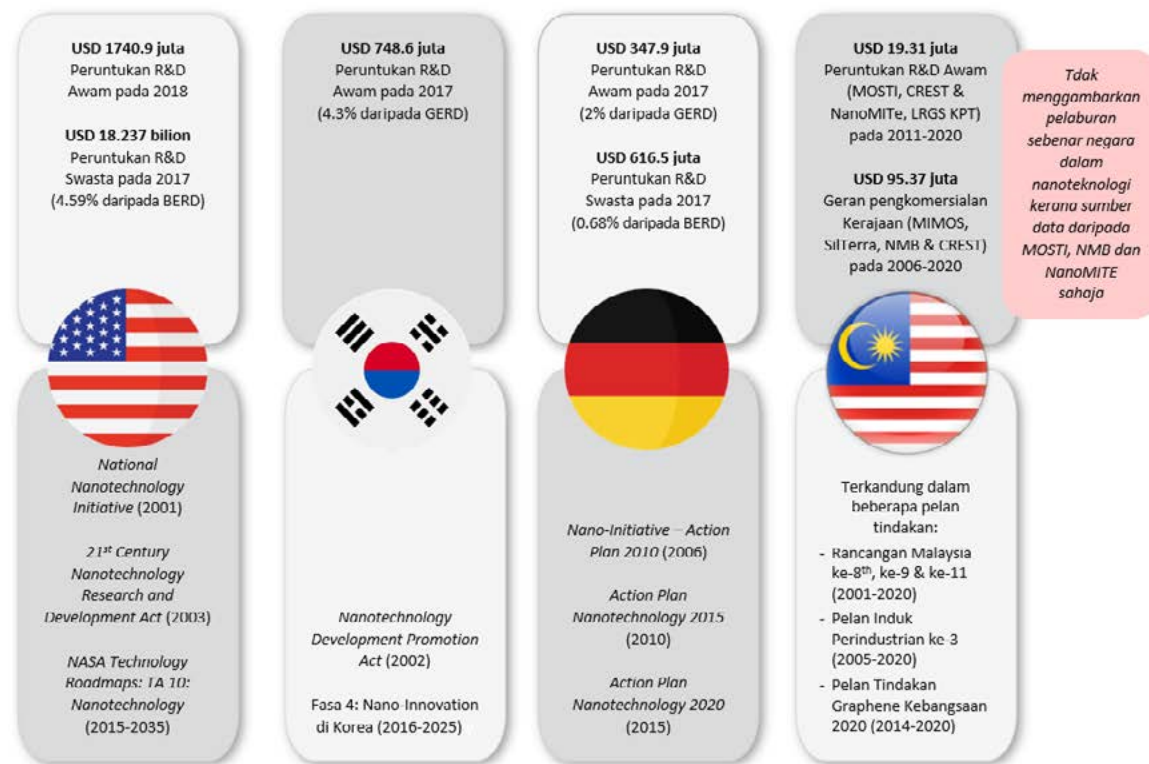
Jadual 1: Ramalan pasaran global pilihan untuk produk diberdaya- nanoteknologi (dalam billion USD)
Sumber: Disusun daripada Laporan Pasaran Nanoteknologi Global oleh ASM, 2020

Sumber	Tahun								
	2016	2017	2018	2020	2021	2022	2024	2025	2027
BCC [2016]	39.2				90.5				
RNCOS [2015]				75.8					
IndustryARC [2019]								121.8	
iGate [2018]							125.0		
DataBridge [2018]		7.24						24.56	
Penganalisis Industri Global [2020]				54.2					126.8
Penyelidikan Pasaran Berse- kutu [2019]			1.06					2.33	
Lux Research			3,680			5,760			

Pertumbuhan eksponen nanoteknologi yang pesat melalui penemuan, peralihan teknologi, pengembangan mengufuk, dan bidang keluaran sampingan dijangka berterusan pada kadar yang tinggi menjelang 2030 dan seterusnya. Anggaran perkembangan ekonomi pada masa ini telah dilaksanakan dengan menilai pengkomersialan produk-produk tertentu. Walaupun begitu, penilaian yang dilaksanakan tidak mewakili nilai keseluruhan produk nano memandangkan proses pembangunan (kebolehtahuan dan keupayaan teknologi yang cepat berubah ke arah sistem nano komposit dan modular) yang lebih bernilai tidak diambil kira dalam anggaran ekonomi. Oleh itu, prospek nanoteknologi global yang komprehensif, seharusnya akan jauh lebih besar disebabkan kualiti merentas sektor dan kualiti kovergen yang boleh dimanfaatkan untuk kemajuan STI diarusperdanakan untuk membolehkan pencapaian pembangunan kemajuan yang lebih jauh dalam arena STI.

NANOTEKNOLOGI SECARA GLOBAL

Berdasarkan kepada analisis global, beberapa negara terutama negara maju telah mula meneroka bidang nanoteknologi secara agresif, dalam penyelidikan dan perniagaan sejak dari tahun 2000-an, dengan kebanyakan program dan inisiatif telah memuncak pada tahun 2010-an. Amerika Syarikat, Korea Selatan dan Jerman (Rajah 2) antara negara yang telah berjaya mengekalkan bidang nanoteknologi sebagai salah satu agenda STI terkehadapan melangkaui tahun 2020. Selama ini, dengan pengiktirafan sifat transdisiplin nanoteknologi, lebih banyak negara di dunia telah beralih dengan pantas ke arah menyenaraikan nanoteknologi sebagai salah satu elemen pemerdaya penting untuk kemajuan STI terutamanya dalam bahan-bahan termaju dan pembuatan termaju.



Sumber: Disusun oleh ASM daripada Penunjuk Nanoteknologi Utama OECD kemaskinin Oktober 2019, NNI Tambahan untuk Belanjawan Presiden 2020, Kajian ASM ESET 2017b, NNC 2020 dan NMB 2020

Rajah 2: Nanoteknologi di Negara Maju dan Malaysia

Sebagai salah satu elemen penting untuk pembuatan termaju di peringkat global, nanoteknologi kini sedang dilaksanakan dengan giat oleh negara-negara berasaskan industri seperti Australia, Kanada, China, Perancis, Jerman, Jepun, Republik Korea dan Amerika Syarikat. Pembuatan termaju merupakan fokus bagi salah satu daripada 16 program kejuruteraan mega negara China hingga tahun 2020 dan telah dinyatakan dalam strategi penyelidikan di Kanada yang telah disemak semula pada tahun 2014, Seizing Canada's Moment: Moving Forward in Science, Technology, and Innovation.

NANOTEKNOLOGI SECARA GLOBAL

Perkembangan nanoteknologi di beberapa negara peneraju terkemuka dunia seperti Rusia dan China melibatkan peranan penting sebuah perbadanan khusus yang ditubuhkan untuk tujuan ini. Di China, Suzhou Industrial Park (SIP) melancarkan inisiatif 'Nanopolis Suzhou' pada tahun 2013 untuk memberikan sokongan ekosistem lengkap untuk pertumbuhan nanoteknologi dan industri pemerdayanya yang merangkumi bidang tumpuan; teknologi pembuatan mikro dan nano, tenaga dan teknologi hijau dan perubatan nano. Manakala di Rusia, Kumpulan RUSNANO yang terdiri daripada *Open Joint-Stock Company "RUSNANO"* dan *Fund for Infrastructure and Educational Programs* sedang berkolaborasi rapat bagi mencapai objektif yang sama bagi meningkatkan daya saing dan keberkesanan industri nanoteknologi Rusia.

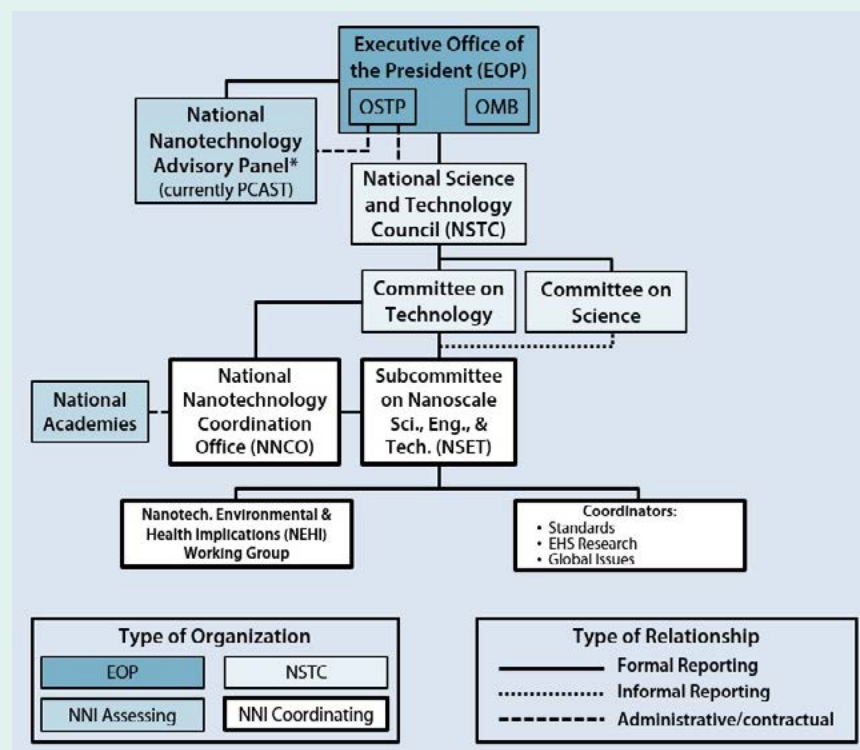
Walau bagaimanapun, peranan pengawasan dan koordinasi pada peringkat negara, serta bantuan fasilitasi oleh para pemain yang berbeza-beza dalam ekosistem nanoteknologi di dunia secara berkesannya dilaksanakan oleh entiti kerajaan atau direktorat yang bertanggungjawab untuk pembangunan bidang teknologi. Hal ini dapat dilihat di negara maju seperti Amerika Syarikat, Korea Selatan dan Jerman, iaitu terdapat badan koordinasi nanoteknologi kebangsaan yang khusus memainkan peranan utama dalam menentukan hala tuju dan memacu pembangunan nanoteknologi negara tersebut dengan menjajar dan menerapkannya ke dalam keseluruhan komponen teknologi dan bidang-bidang yang vital untuk pembangunan STI. Tambahan pula, peranan ini juga akan merapatkan kesemua pemain utama.

Dasar, strategi dan peta hala tuju nanoteknologi yang khusus dan berdedikasi juga penting dalam meletakkan arah yang betul dan membimbing kesemua pemain utama ke arah satu matlamat untuk memanfaatkan dan memaksimumkan nanoteknologi bagi kemajuan dan daya saing STI negara mereka serta revolusi masa hadapan.

AMERIKA SYARIKAT

Sejak pelancaran Inisiatif Nanoteknologi Nasional (NNI) pada tahun 2001 dan penguatkuasaannya melalui Akta Penyelidikan dan Pembangunan Nanoteknologi Abad ke-21 pada tahun 2003, Amerika Syarikat berjaya untuk terus kekal sebagai peneraju kemajuan nanoteknologi global sama ada dari segi usaha R&D ataupun pengkomersialan.

Ini dilakukan melalui kerjasama dua puluh jabatan Persekutuan AS, agensi dan suruhanjaya bebas terhadap visi bersama NNI yang diselaraskan oleh Pejabat Penyelarasan Nanoteknologi Nasional (NNCO) di bawah Rumah Putih (Rajah 3 dan Rajah 4).



Sumber: NNI, 2019a

Rajah 3: Penyelarasan Inisiatif Nanoteknologi Nasional Amerika Syarikat

NANOTEKNOLOGI SECARA GLOBAL

KOREA SELATAN

Dari segi fokus R&D pula, AS menyokong penyelidikan dan pendidikan hulu dalam semua bidang sains dan kejuruteraan nano, yang menghala kepada infrastruktur dan saluran pendidikan yang fleksibel pada peringkat nasional. Melalui NNI, Amerika Syarikat telah memperuntukkan hampir USD29 bilion dari tahun 2001 hingga 2019 untuk penyelidikan asas, penyelidikangunaan peringkat awal, dan usaha pemindahan teknologi yang membawa kepada kejayaan masa depan [NNI, 2019b]. Sokongan berterusan ini kemudian dicerminkan oleh sektor perniagaan dengan jumlah R&D dalam sektor perniagaan Amerika Syarikat berjumlah sekitar USD140.2 bilion dari tahun 2010 hingga 2017 [OECD, 2019].



Sumber: NNI, 2019

Rajah 4: Jabatan Persekutuan Amerika Syarikat, Agensi dan Suruhanjaya Bebas yang Mengambil Bahagian dalam Inisiatif Nanoteknologi Nasional

Usaha Korea Selatan dalam bidang nanoteknologi dimulakan melalui kerjasama beberapa kementerian termasuk Ministry of Knowledge Economy (sekarang Ministry of Trade, Industry and Energy, MOTIE), Ministry of Education, Science and Technology (sekarang Ministry of Science and ICT, MSIT), Ministry of Health and Welfare (MOHW), Ministry of Employment & Labour (MOEL), Ministry of Environment (ME) pada tahun 2001 untuk menyusun rancangan induk sepuluh tahun bagi pembangunan nanoteknologi negara, Nanotechnology Development Plan (NDP). NDP telah diluluskan oleh South Korea's National Science and Technology Council (NSTC) yang membawa kepada pelancaran Korean National Nanotechnology Initiative (NNI-K) pada tahun yang sama.

Dalam memastikan sokongan undang-undang dan institusi yang diperlukan daripada NNI-K, Nanotechnology Development and Promotion Bill dan kemudiannya Nanotechnology Development and Promotion Act, disahkan pada tahun 2002. Pada tahun 2020, empat fasa NNI-K telah dilancarkan dengan peralihan tumpuan dalam pembentukan infrastruktur nanoteknologi pada Fasa 1 (2001-2010) kepada visi semasa untuk menjadi Negara Kelas Pertama yang mencapai pertumbuhan lestari melalui inovasi nanoteknologi pada Fasa 4 (2016-2025).

Korea Selatan telah menggariskan fokus R&Dnya pada masa ini dalam perkembangan 30 subjek nanoteknologi teras masa depan yang merangkumi lima bidang utama iaitu: [1] Nano-elektronik, [2] Nano-bio, [3] Nano-tenaga dan persekitaran, [4] Nano-bahan dan [5] Proses, Pengukuran dan Peralatan. Dari tahun 2001 hingga 2016, Korea Selatan telah melabur lebih daripada USD4.4 bilion dalam bidang nanoteknologi dengan 81% diperuntukkan untuk R&D, 12.4% untuk infrastruktur dan selebihnya 6.7% untuk pembangunan sumber manusia.

Pada tahun 2018, Korea Selatan melancarkan Pelan Hala Tuju Nanoteknologi Nasional ke-3 untuk memetakan masa hadapannya dalam bidang nanoteknologi [Song, 2018].

NANOTEKNOLOGI SECARA GLOBAL

JERMAN

Pendekatan nanoteknologi di Jerman melibatkan perancangan tindakan nanoteknologi antara kementerian sebagai sebahagian daripada *New High-Tech Strategy* (HTS) kerajaan yang merangkumi tema Teknologi dan Mobiliti, Kesihatan dan Transformasi serta Kelestarian dan Alam Sekitar yang menyeluruh. Salah satu sasaran yang ditetapkan adalah penjajaran sokongan nanoteknologi kepada tugas-tugas utama pada masa hadapan.

Nano-Initiative Action Plan 2010 dibangunkan pada tahun 2006. Dokumen ini yang disemak setiap lima tahun membawa kepada pelancaran dan pelaksanaan Action Plan Nanotechnology 2015 (2010) dan Action Plan Nanotechnology 2020 (2015). Pendekatan antara kementerian dan jabatan ini diselaraskan di tujuh kementerian; *Federal Ministry of Education and Research* (BMBF), *Federal Ministry of Labour and Social Affairs* (BMAS), *Federal Ministry of Food and Agriculture* (BMEL), *Federal National Nanotechnology Policy & Strategy 2021-2030 CONFIDENTIAL I2* *Ministry of Health* (BMG), *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety* (BMUB), *Federal Ministry of Defence* (BMVg) dan *Federal Ministry for Economic Affairs and Energy* (BMWi). R&D Nanoteknologi di Jerman dibiayai melalui pelbagai program khas Kerajaan Persekutuan dan sebahagiannya dipromosikan sebagai kerangka sokongan antara kementerian. Terdapat juga dana pelengkap tambahan oleh kementerian-kementerian pada peringkat persekutuan yang bersinergi dengan pembiayaan aktiviti-aktiviti penyelidikan pada peringkat institusi. Pada tahun 2013, Jerman melaporkan bahawa pembiayaan nanoteknologi awamnya melebihi Euro 600 juta setiap tahun (BMBF, 2016). Pada tahun 2017 sahaja, USD616.5 juta telah dilaburkan untuk R&D berkaitan nanoteknologi dalam sektor perniagaan di Jerman (OECD, 2019).

NANOTEKNOLOGI KE ARAH MENCAPAI ASPIRASI MALAYSIA

Sumber: Disusun oleh ASM, 2020

Rajah 5: Kedudukan Semasa Malaysia dalam Index Global Berkaitan STI

Di manakah Kita?



Inovasi

GII 2020, Malaysia pada **kedudukan ke-33 /133**
(Sumber: Global Innovation Index 2020)

tetapi

GII 2020, Malaysia pada **kedudukan ke-63 /131**
dalam **'Patents by origin'**
(Sumber: Global Innovation Index 2020)

Global Entrepreneurship 2019, Malaysia pada
kedudukan ke-64 /137 dalam **'Inovasi Produk'**
(Sumber: Global Entrepreneurship 2019)



Pengetahuan

Lebih 270,000 **penerbitan hasil kajian** sejak
2010 & Malaysia pada kedudukan ke-23 / 231
pada 2019
(Sumber: MOHE, 2020 & Scimago, 2020)

tetapi

Kurang daripada 10% dalam kedudukan 10%
Petikan paling utama
(Sumber: MOHE, 2020)

GII 2020, Malaysia pada **kedudukan ke-70 /131** dalam
'Knowledge creation'
(Sumber: Global Innovation Index 2020)

GII 2020, Malaysia pada **kedudukan ke-53 /131** dalam
'Knowledge workers'
(Sumber: Global Innovation Index 2020)



Malaysia yang kita impikan untuk hari esok ialah Malaysia yang progresif, harmoni, makmur, dan lestari. Kesejahteraan rakyat, kejayaan ekonomi dan kelestarian pembangunan bergantung kepada pembangunan kemajuan STI. Dalam hal ini, amat penting bagi STI untuk diletakkan di barisan hadapan dalam segala usahanya memacu Malaysia ke arah kemajuan sosioekonomi, daya saing, dan revolusi masa depan.

Setelah 63 tahun mencapai kemerdekaan, Malaysia telah berjaya mencapai tahap yang sepatutnya dalam kedudukan STI global (Rajah 5). Hal ini dibuktikan apabila Malaysia berada pada kedudukan ke-33 daripada 133 negara dalam Indeks Inovasi Global 2020. Di sebalik kejayaan ini, masih ada ruang penambahbaikan untuk mengangkat Malaysia sebagai negara pengeluar produk dan perkhidmatan inovatif dan membolehkan negara kita menyertai rantai nilai global pada kedudukan yang lebih tinggi. Keupayaan dan kemahiran inovasi Malaysia perlu diperkukuhkan untuk menggerakkan perusahaan berasaskan STI.



IMD World Talent Ranking 2019:
Malaysia pada **kedudukan ke-22 /63**
(Source: IMD World Talent Ranking 2019)

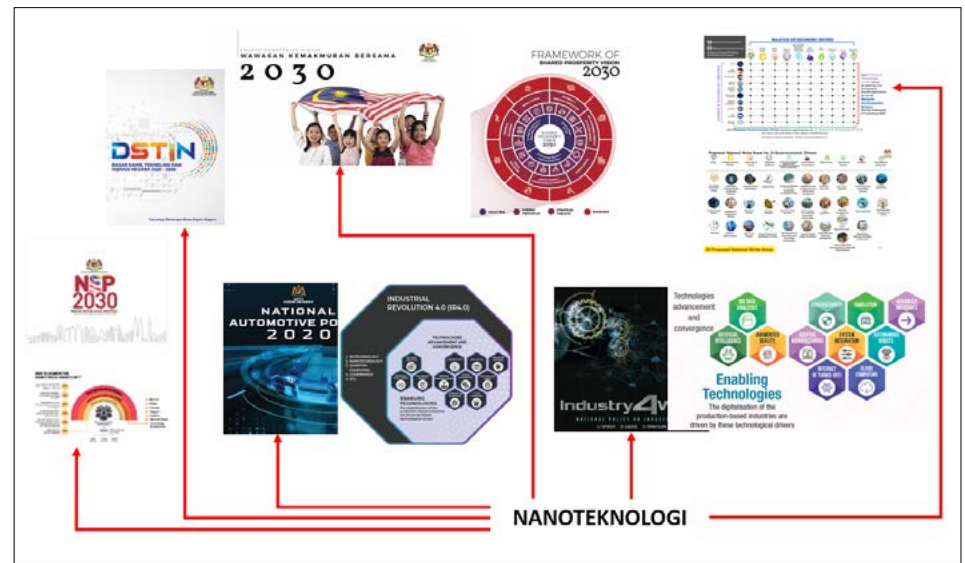
tetapi

GII 2020, Malaysia pada kedudukan ke-55 /131
dalam '**Bakat Penyelidikan, % mengikut perusahaan perniagaan**'
(Sumber: Global Innovation Index 2020)

Global Entrepreneurship 2019, Malaysia pada kedudukan ke-63 /137 in 'Start-up skills'
(Sumber: Global Entrepreneurship 2019)

- KDNK Malaysia lebih rendah daripada negara-negara China, Asia Timur & Pasifik.
- Walaupun sektor pengilangan dan perkhidmatan menyumbang kepada hampir 79% daripada KDNK, penerapan teknologi tinggi dalam kedua-dua sektor ini masih rendah, masing-masing pada 37% dan 20%.
(Sumber: Wawasan Kemakmuran Bersama 2030)

Oleh itu, dalam usaha kita menuju ke arah negara maju, nanoteknologi dilihat sebagai pemerdaya utama kemajuan STI dalam setiap sektor sosioekonomi. Berikutan kemampuannya untuk merentasi keseluruhan spektrum S&T, nanoteknologi sememangnya penting dalam menyokong dan merealisasikan aspirasi Malaysia melalui usaha dipacu teknologi. Antaranya ialah Wawasan Kemakmuran Bersama (WKB) 2030, Dasar STI Nasional (DSTIN) 2021-2030, Industri 4WRD - Dasar Industri 4.0 Nasional, Dasar Keusahawanan Nasional 2030 (DKN2030), Dasar Automotif Nasional (NAP) 2020, dan 10 Program Lonjakan Sains, Teknologi, Inovasi dan Ekonomi (Rangka Kerja 10-10 MySTIE).



Sumber: Disusun oleh ASM, 2020

Rajah 6: Nanoteknologi Merealisasikan Aspirasi Malaysia melalui Usaha Pacuan Teknologi

NANOTEKNOLOGI KE ARAH MENCAPAI ASPIRASI MALAYSIA

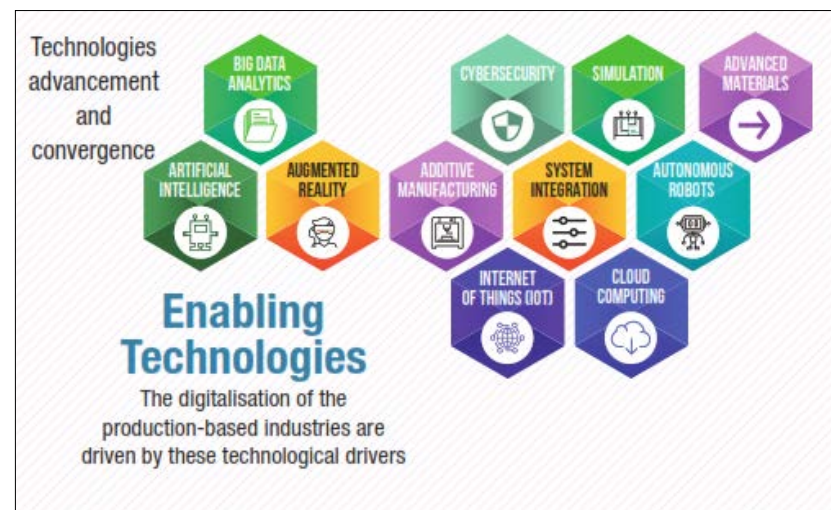
Dalam pelaksanaan Wawasan Kemakmuran Bersama 2030 (WKB 2030), nanoteknologi dilihat dapat memainkan peranan utama dalam memacu pembangunan teknologi dalam kebanyakan teras strategik wawasan tersebut, khususnya dalam peningkatan perniagaan dan ekosistem industri serta pembangunan aktiviti pertumbuhan ekonomi utama baharu yang sejajar dengan Industri 4.0. Hal ini dilihat mustahak untuk memacu semua Kegiatan Pertumbuhan Ekonomi Utama (KEGA) seperti yang disenaraikan dalam Rajah 7 bagi merealisasikan objektif WKB, iaitu menyediakan taraf hidup yang baik kepada semua warga Malaysia menjelang 2030.

Nanoteknologi dijangka akan memainkan peranan yang lebih utama dalam pelaksanaan DSTIN 2021-2030, Industri 4WRD dan NAP 2030. Semua inisiatif dan strategi yang dipacu oleh dasar STI sudah semestinya melibatkan Industri 4.0 ke arah merealisasikan aspirasi Malaysia untuk menjadi negara berteknologi tinggi menjelang 2030. Nanoteknologi ialah penentu dalam semua teknologi pemerdya Industri 4.0 (Rajah 8) seperti bahan termaju dan kecerdasan buatan yang akan membawa kemajuan dan penggabungan teknologi.



Sumber: Wawasan Kemakmuran Bersama 2030, 2019
Rajah 7: Kegiatan Pertumbuhan Ekonomi Utama (KEGA)

Malaysia mensasarkan 3.5% perbelanjaan domestik kasar untuk R&D (GERD) menjelang 2030, iaitu lonjakan sebanyak 2.06% berbanding GERD semasa. Oleh itu, usaha yang mantap, strategik dan merangkumi pelbagai aspek adalah sangat genting untuk mencapai sasaran ini. Kerajaan telah menggariskan 30 bidang khusus kebangsaan melalui Rangka Kerja 10-10 MySTIE menuju ke arah fokus strategik bagi meningkatkan pelaburan dari aspek STIE di bawah Rancangan Malaysia ke-12 untuk membina ekosistem lestari dan tangkas dalam setiap sektor industri di lokaliti seluruh Malaysia. Hal ini akan mendorong pembangunan yang inklusif untuk pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat untuk negara.



Sumber: Industri 4WRD: Dasar Industri 4.0 Nasional, MITI, 2018
Rajah 8: Teknologi Industri 4.0 yang Memberikan Impak kepada Sektor Pembuatan

Nanoteknologi dilihat akan memainkan peranan penting dalam bidang khusus ini serta 10 pemacu sosioekonomi dan 10 pemacu S&T dalam Rangka Kerja 10-10 MySTIE yang merentas semua aspek S&T. Penggabungan nanoteknologi dengan teknologi-teknologi utama pastinya akan membawa negara kita ke arah kemajuan STI dengan pantas akan dapat memacu Malaysia mencapai sasaran GERD 3.5% menjelang 2030.

Oleh itu, adalah imperatif untuk nanoteknologi diposisikan secara agresif selari dengan STI Malaysia dalam memacu kemajuan dan daya saing sosioekonomi negara.



Sumber: Rangka Kerja 10-10 MySTIE, ASM, 2020

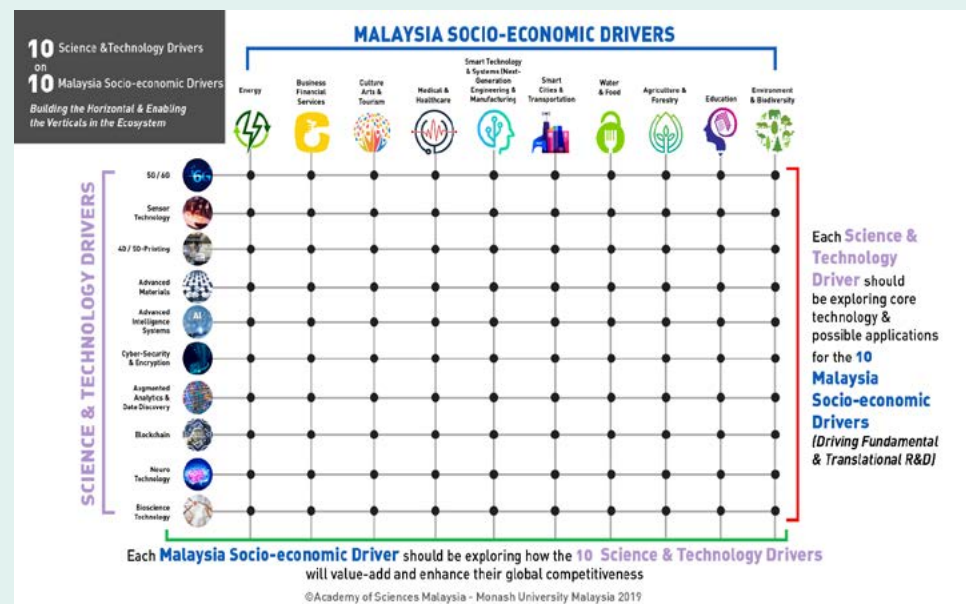
Rajah 9: Bidang Khusus STIE Kebangsaan

RANGKA KERJA 10-10 MYSTIE

Rangka kerja yang menyediakan pendekatan sistematik untuk mengubah Malaysia secara terancang kepada ekonomi intensif pengetahuan, melalui pengintegrasian 10 pemacu sosioekonomi utama Malaysia dengan 10 pemacu sains dan teknologi terkemuka global diujarkan dengan kekuatan dan keperluan Malaysia. Rangka kerja ini menghubungkan STI dengan pembangunan sosioekonomi bagi menjana kemakmuran ekonomi bersama merentasi pelbagai ekosistem di negara ini dan juga meningkatkan kedudukan Malaysia dalam rantai nilai inovasi global.

Sumber: Rangka Kerja 10-10 MySTIE, ASM, 2020

Rajah 10: Rangka Kerja 10-10 MySTIE



BAB
02

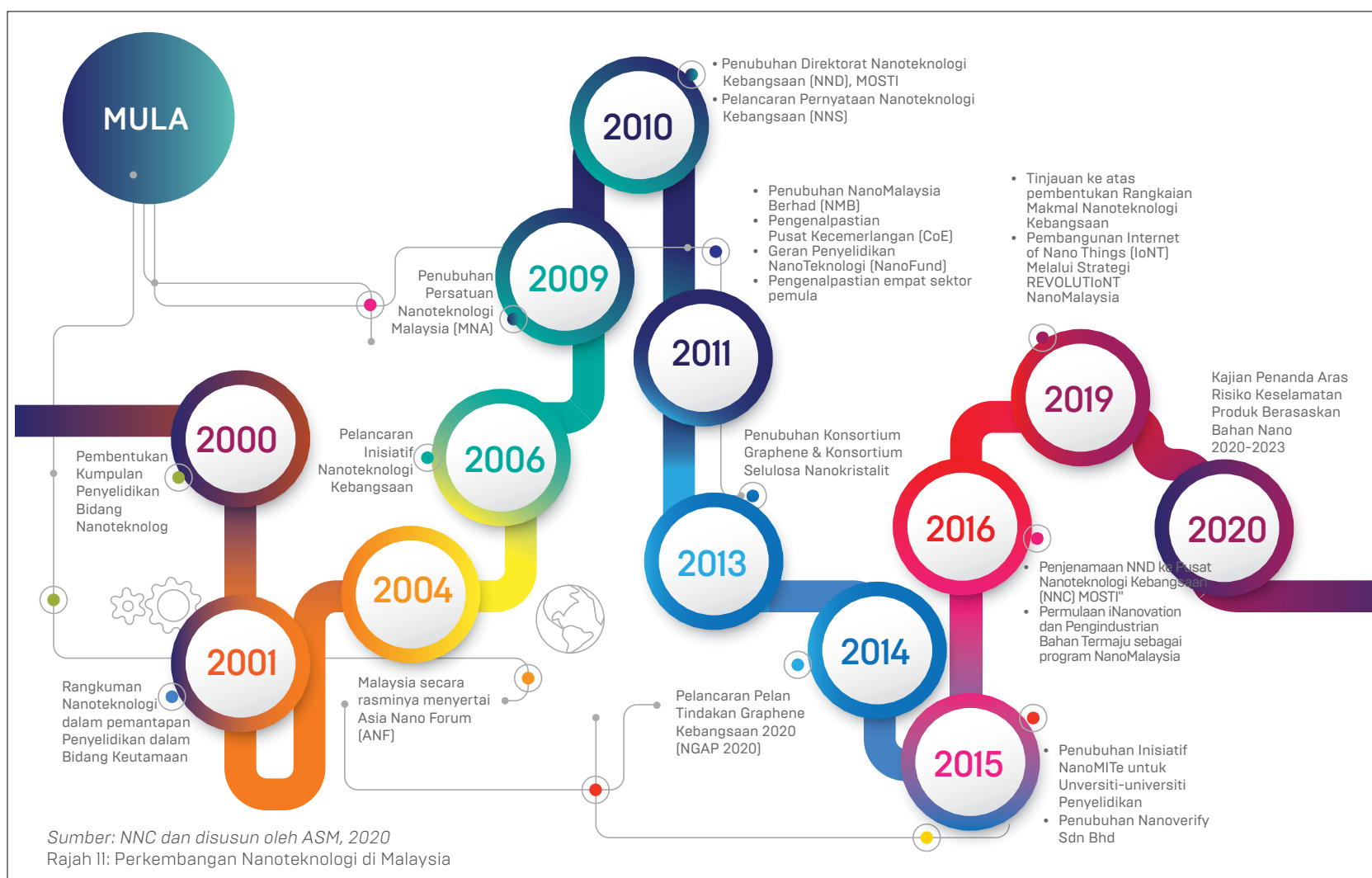
NANOTEKNOLOGI
DI MALAYSIA
— KINI & MASA DEPAN

PERKEMBANGAN NANOTEKNOLOGI DI MALAYSIA

Sejajar dengan pembangunan nanoteknologi di dunia, Malaysia juga tidak ketinggalan dalam era perkembangan Nanoteknologi yang telah bermula pada awal tahun 2000 dengan pembentukan beberapa kumpulan penyelidik di institusi pengajian tinggi dan institut penyelidikan yang menjalankan penyelidikan berasaskan nanoteknologi.

Berdasarkan keperluan yang semakin meningkat dan kepentingan nanoteknologi untuk pertumbuhan ekonomi, kerajaan telahewartakan nanoteknologi sebagai tema penyelidikan strategik di bawah program Penumpuan Penyelidikan dalam Bidang Keutamaan (IRPA) pada tahun 2001 dan sebagai salah satu bidang keutamaan penyelidikan Program IRPA di bawah Rancangan Malaysia Ke-8 (2001-2005).

Pada tahun 2004, Malaysia telah mengorak langkah ke peringkat global dengan menyertai dan menjadi salah satu anggota pengasas rangkaian persatuan nanoteknologi Asia Nano Forum (ANF) yang diketuai oleh negara Jepun. Kini, ANF dianggotai oleh 23 organisasi daripada 17 negara dalam rantau Asia Pasifik, dan Malaysia menjadi salah satu negara dalam Jawatankuasa Eksekutif.



PERKEMBANGAN NANOTEKNOLOGI DI MALAYSIA

Peristiwa utama dalam perkembangan nanoteknologi di Malaysia bermula dengan pelancaran Inisiatif Nanoteknologi Nasional Malaysia (NNIM) oleh Timbalan Perdana Menteri pada tahun 2006.

Pelancaran ini ialah susulan deklarasi tentang keperluan inisiatif nanoteknologi nasional yang telah dibentangkan kepada Timbalan Perdana Menteri semasa Forum Nanoteknologi Malaysia yang berlangsung semasa Mesyuarat Asia Nano Forum (ANF) pada tahun 2005, dan kelulusan Kabinet pada tahun 2006. Inisiatif tersebut membuktikan kefahaman dan sokongan kerajaan tentang kepentingan peranan nanoteknologi dalam pembangunan negara. NNIM memacu Malaysia ke arah menyediakan persekitaran yang kondusif untuk aplikasi, pembangunan dan pengkomersialan nanoteknologi. Sokongan kerajaan dijangka akan mempercepatkan kemajuan pembangunan nanoteknologi tempatan kepada teknologi yang bermanfaat.

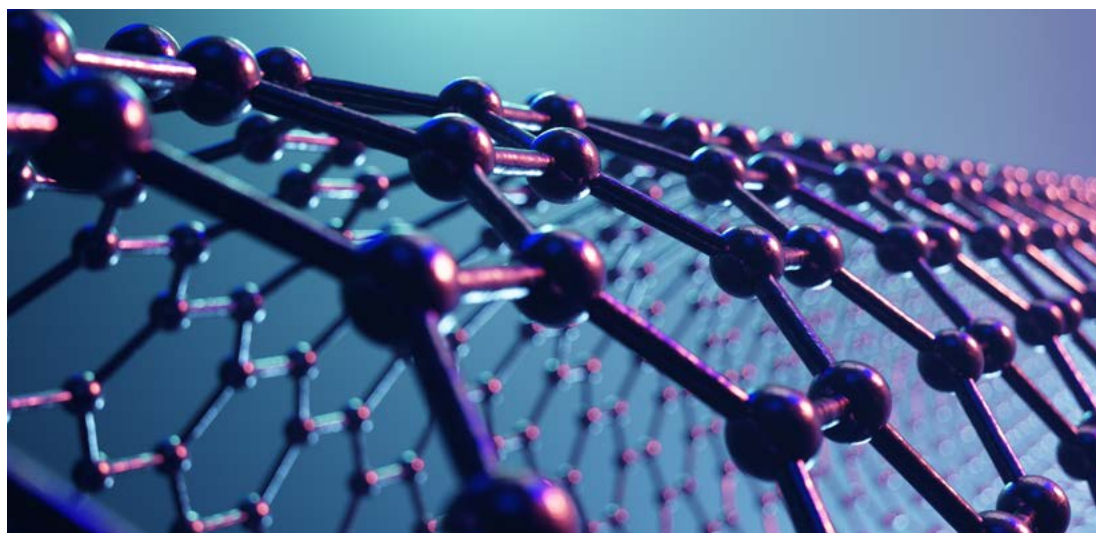
Persatuan Nanoteknologi Malaysia (MNA) telah ditubuhkan pada tahun 2009 sebagai sebuah persatuan bukan kerajaan bagi menyokong NNIM. Organisasi ini memainkan peranan penting dalam penganjuran aktiviti berkaitan nano yang melibatkan pelbagai pemain utama nanoteknologi negara.

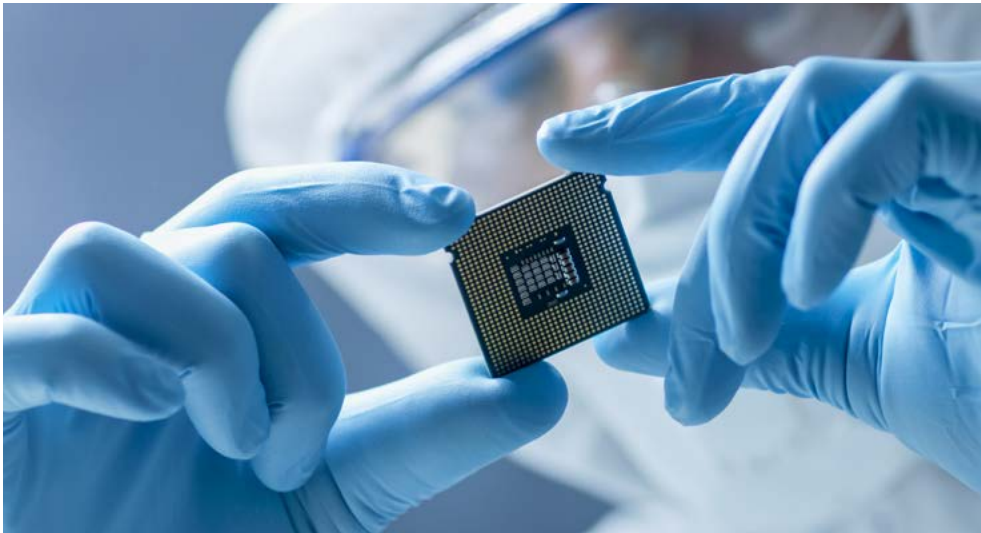
NNIM juga telah membuka ruang kepada penubuhan sebuah agensi penyelaras nanoteknologi di Malaysia iaitu Direktorat Nanoteknologi Kebangsaan (NND) pada bulan Ogos 2011 di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) bagi memudahcara pembangunan nanoteknologi di Malaysia. Peranan ini dilaksanakan dengan menyelaras, merancang dan memastikan penerapan, adaptasi dan aplikasi inovasi nanoteknologi serta penyebaran teknologi dalam kalangan rakyat Malaysia.

Susulan penubuhan NND, Pernyataan Nanoteknologi Nasional (NNS) juga telah dilancarkan pada bulan Ogos 2011 dengan lima (5) tema yang bertujuan memanfaatkan nanoteknologi sebagai enjin pemerdaya pertumbuhan ekonomi baharu, pembangunan lestari dan kesejahteraan masyarakat. NNS mengandungi pendekatan umum dalam mengawal selia nanoteknologi merentasi rangkaian nilainya di Malaysia serta asas kepada hala tuju strategik nanoteknologi negara sekali gus menjadikannya sebagai dokumen rujukan bagi Dasar Nanoteknologi Negara.

Sejajar dengan NNS, pengkomersialan dilihat sebagai komponen utama untuk mendorong nanoteknologi sebagai enjin pertumbuhan ekonomi. Walau bagaimanapun, kesukaran untuk mengangkat hasil penyelidikan dan pembangunan (R&D) menjadi produk yang boleh menjana pendapatan adalah antara cabaran utama yang dihadapi dalam ekosistem inovasi Malaysia. Oleh itu, bagi mendorong pengkomersialan dan industri nanoteknologi di Malaysia, NanoMalaysia Berhad (NMB) telah ditubuhkan di bawah MOSTI sebagai syarikat berhad dengan jaminan (CLBG) pada bulan Ogos 2011. NMB berperanan sebagai syarikat dan entiti perniagaan yang diberi kepercayaan untuk menjayakan aktiviti pengkomersialan nanoteknologi.

Susulan daripada itu, NND dan NMB telah mengenal pasti empat bidang sektor yang akan mengorak langkah tersebut: Makanan dan Pertanian; Kesejahteraan, Perubatan & Penjagaan Kesihatan; Tenaga & Alam Sekitar; dan Peranti Elektronik & Sistem, yang telah dikenal pasti untuk mempercepatkan program pembangunan nanoteknologi oleh NND dan NMB. Selain daripada penubuhan NMB pada tahun 2011, NND telah mengiktiraf lima (5) Pusat Kecemerlangan Nano (COE) Malaysia yang bertujuan untuk menyokong R&D dalam bidang nanoteknologi, menyediakan kemudahan guna sama dan untuk pembangunan bakat. Dana sebanyak RM 2.5 juta telah diperuntukkan kepada lima COE Nano tersebut bagi menjalankan aktiviti yang berkaitan. Melalui Program NanoMalaysia (NMP) 2011-2020, NND juga telah mewujudkan geran R&D iaitu NanoFund pada tahun 2011. Sebanyak RM 7 juta telah diperuntukkan bagi menyokong penyelidikan nano ke arah pembangunan kepakaran dan kecemerlangan penyelidikan nanoteknologi.





Perkembangan nanoteknologi di Malaysia dari tahun 2000 sehingga kini telah menampakkan hasil kerja kuat dan usaha kerajaan dan semua pemain nanoteknologi untuk membangun dan memajukan penyelidikan nanoteknologi di Malaysia sehinggalah kedudukannya masa kini.

Pada tahun 2013, rangkaian penyelidikan nanoteknologi kebangsaan diperkukuhkan dengan penubuhan Konsortium Penyelidikan Wafer Graphene dan Konsortium Selulosa Nanokristalit. Sebanyak lima [5] projek dibiayai di bawah Konsortium Penyelidikan Wafer Graphene dan sembilan [9] projek di bawah Konsortium Selulosa Nanokristalit.

Bermula pada tahun 2014, NMB telah melebarkan sayap ke arah memperkukuhkan pengkomersialan dan industri nanoteknologi di Malaysia dengan pelancaran Pelan Tindakan Graphene Kebangsaan (NGAP) 2020.

Pencapaian ini diikuti dengan penubuhan NanoVerify Sdn Bhd pada tahun 2015 bagi melaksanakan program pensijilan nano yang pertama di Malaysia, yang dikenali sebagai Program NANOVerify. Pada tahun 2016, NMB memulakan Program iNanovation dan Program Bahan Termaju. Seterusnya pada tahun 2018, NMB telah memulakan program pembangunan Internet of Nano Things (IoNT) melalui Strategi REVOLUTIoNT NanoMalaysia.

Penubuhan konsortium penyelidikan nanoteknologi yang dikenali sebagai Institut Nanoteknologi Inovatif Malaysia (NanoMITe) oleh Kementerian Pengajian Tinggi pada tahun 2015 telah memberi nafas baharu bagi aktiviti kerjasama penyelidikan antara universiti di Malaysia. NanoMITe menghubungkan lebih daripada 100 orang ahli kimia, jurutera, ahli biologi, doktor, dan pakar perniagaan yang memfokus kepada aplikasi nanoteknologi bagi menambah baik kehidupan masyarakat serta mewujudkan sinergi yang penting bagi kemajuan nanoteknologi. Program NanoMITe juga telah berjaya menjalin kerjasama penyelidikan antara saintis nano daripada institut pendidikan dan pusat kecemerlangan tersohor dari Amerika Syarikat, Jerman, Kanada, China dan Malaysia.

Pada tahun 2016, keperluan NND untuk menjadi pusat tumpuan dan badan penyelaras pusat bagi aktiviti penyelidikan, pembangunan teknologi dan produk, serta perkara-perkara berkaitan keselamatan, standard dan pengawalseliaan nanoteknologi di Malaysia telah mendorong kepada penjenamaan semula NND kepada Pusat Nanoteknologi Kebangsaan (NNC).

NNC seterusnya menggalas peranannya ke arah pembangunan nanoteknologi di Malaysia, antaranya dengan pelaksanaan tinjauan mengenai pembentukan Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan pada tahun 2019 dan memulakan Kajian Penanda Aras bagi Risiko Keselamatan Produk Berasaskan Nano pada tahun 2020.

Perkembangan nanoteknologi di Malaysia dari tahun 2000 sehingga kini telah menampakkan hasil kerja kuat dan usaha kerajaan dan semua pemain nanoteknologi untuk membangun dan memajukan penyelidikan nanoteknologi di Malaysia sehinggalah kedudukannya masa kini. Semua usaha tersebut perlu diterus dan dimantapkan ke arah memperkukuh dan memajukan STI Malaysia serta merealisasikan hasrat Malaysia untuk menjadi sebuah negara maju berteknologi tinggi.

LANSKAP & INISIATIF NANOTEKNOLOGI: DI MANA KITA?

Walaupun pelbagai inisiatif pembangunan nanoteknologi telah dilaksanakan di Malaysia bermula tahun 2000 sehingga kini, negara tidak mempunyai satu dasar nanoteknologi mahupun kerangka perundangan yang menggariskan hala tuju strategik dan bersepadu bagi pembangunan nanoteknologi di Malaysia. Tinjauan mendapati Dasar dan Strategi Nanoteknologi Kebangsaan yang pertama telah pun dideraf pada tahun 2012, dan dikemas kini pada tahun 2016. Walau bagaimanapun, sehingga kini dasar tersebut tidak diterbitkan.

Dasar dan Strategi Nanoteknologi Kebangsaan (DSNN) 2021-2030 penting dalam menentukan hala tuju dan penambahbaikan yang diperlukan untuk pembangunan dan kemajuan nanoteknologi di negara ini dalam jangka masa 10 tahun akan datang. Lantas, terdapat keperluan untuk lanskap terkini, status dan impak inisiatif nanoteknologi diterokai untuk menyusun strategi bagi masa hadapan.

Dasar dan Strategi Nanoteknologi
Kebangsaan (DSNN) 2021-2030
penting dalam menentukan hala tuju
dan penambahbaikan yang diperlukan
untuk pembangunan dan kemajuan
nanoteknologi di negara ini dalam jangka
masa 10 tahun akan datang.

EKOSISTEM & TADBIR URUS

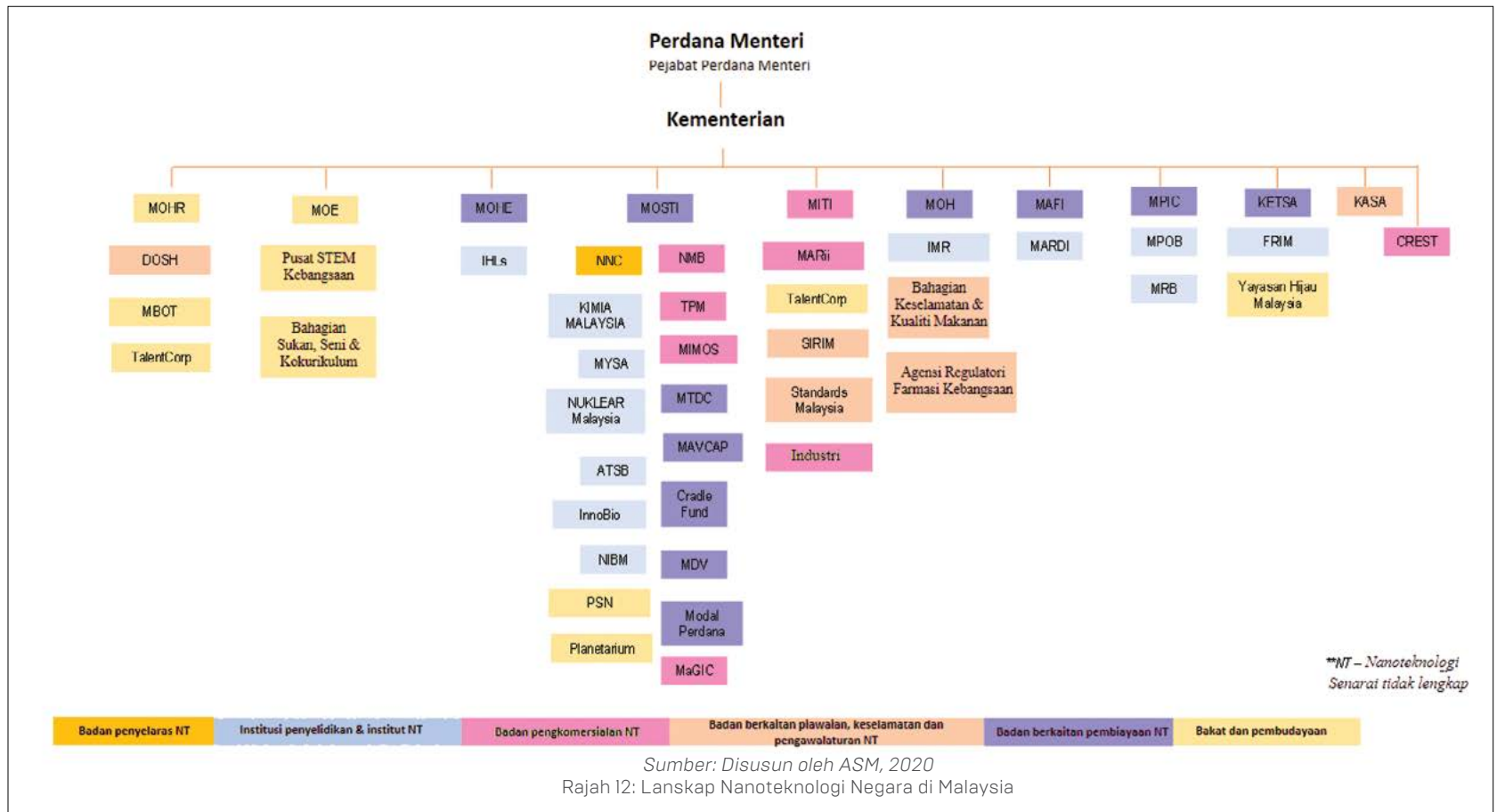
Secara amnya, lanskap nanoteknologi negara mempunyai pelbagai pemain utama dalam melengkapi ekosistem nanoteknologi dan inovasi. Ekosistem ini merangkumi badan penyelarar, institusi pendidikan dan institut penyelidikan, industri, badan pengkomersialan, badan-badan standard, keselamatan dan peraturan, badan-badan pembiayaan serta organisasi yang berkaitan dengan pembangunan bakat dan aktiviti pembudayaan.

Walaupun bagaimanapun, jalinan hubungan kerjasama antara para pemain berkenaan adalah agak terbatas kerana perbezaan fungsi masing-masing. Peranan NNC sebagai badan penyelarar nanoteknologi di Malaysia juga terhad dan sering kali dianggap sebagai tidak begitu penting. Lanskap dan ekosistem sebegini telah menyebabkan usaha ke arah kerjasama antara pemain-pemain nanoteknologi tidak berjaya yang seterusnya merencatkan pembangunan nanoteknologi di Malaysia.

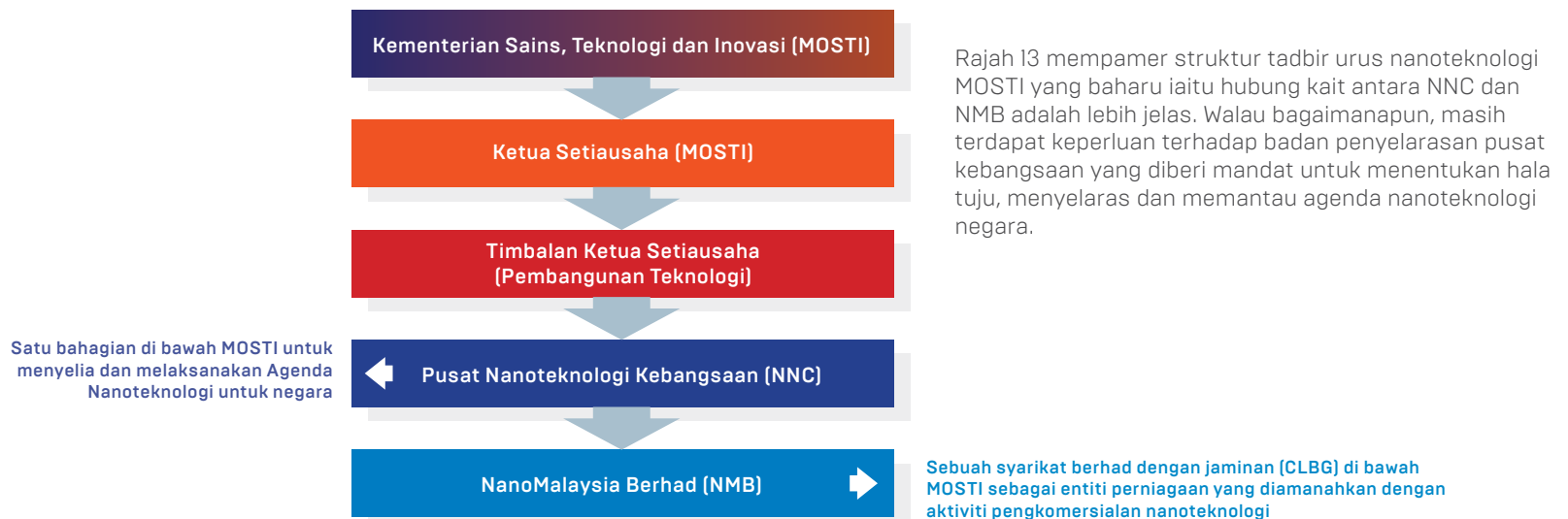
Dari segi tadbir urus pula, nanoteknologi diletakkan di bawah MOSTI yang melibatkan dua agensi iaitu NNC dan NMB yang bertanggungjawab sebagai pemacu utama nanoteknologi di Malaysia.

NNC ialah satu bahagian di bawah MOSTI yang bertanggungjawab untuk mengawasi dan menyelarar pelaksanaan agenda nanoteknologi negara, dan melapor terus kepada Timbalan Ketua Setiausaha (Pembangunan Teknologi, Pengkomersialan dan Perkhidmatan STI). NMB pula ialah syarikat berhad dengan jaminan di bawah MOSTI yang bertindak sebagai entiti perniagaan bagi merencanakan aktiviti pengkomersialan nanoteknologi.

Sebagai badan penyelarar kebangsaan, NNC harus diberi kuasa dan mandat penuh terhadap nanoteknologi kebangsaan pada peringkat kerajaan untuk membolehkannya menjangkau dan menyelaraskan agenda nanoteknologi dengan semua pemain nanoteknologi di negara ini sama ada melalui kementerian atau secara terus dengan organisasi yang berkaitan.



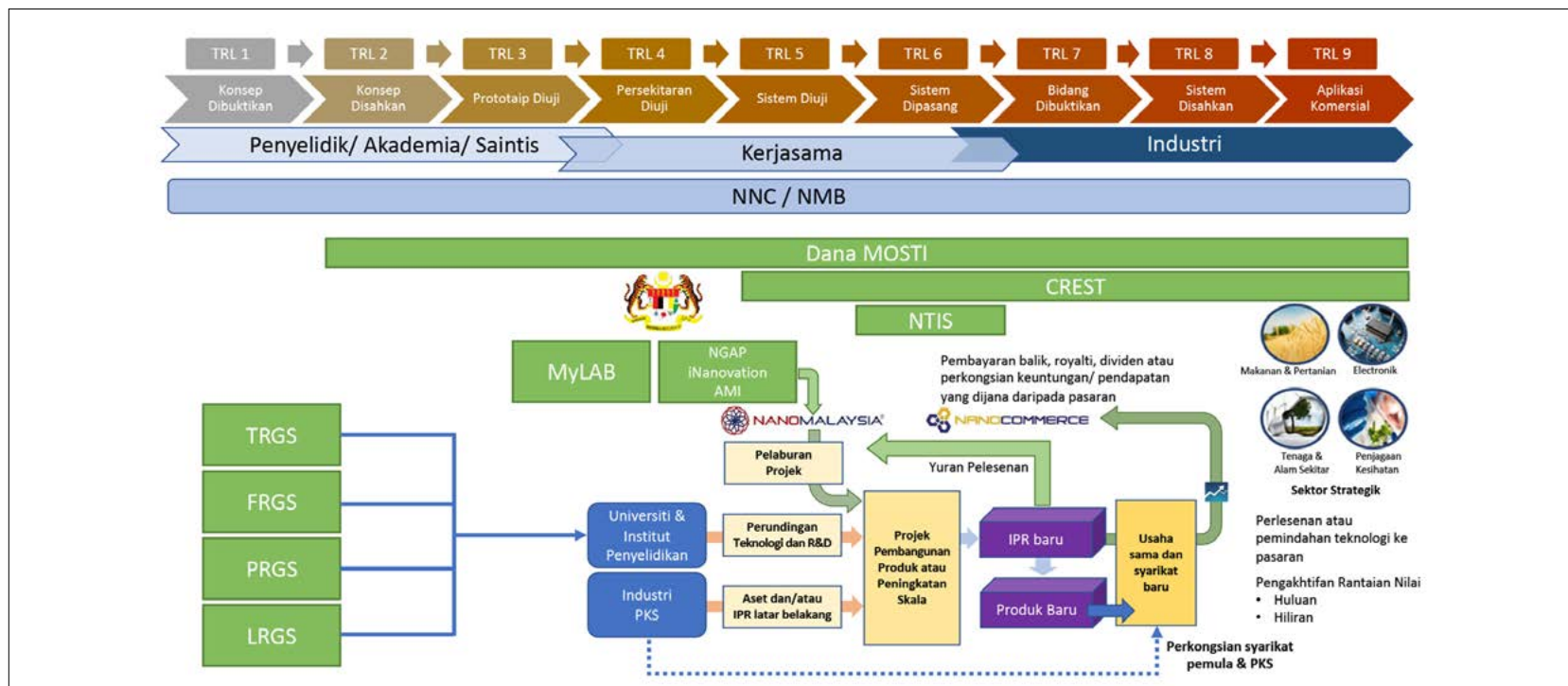
Akses terus kepada kerajaan pusat dan perwakilan di majlis kebangsaan juga penting dalam menempatkan nanoteknologi sebagai pemerdaya utama untuk manfaat sosioekonomi dan enjin pertumbuhan negara serta menerapkannya dalam semua sektor teknologi di negara ini.



Sumber: NNC, 2020
Rajah 13: Struktur Tadbir Urus Nanoteknologi di Malaysia

PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D)

Kebanyakan R&D nanoteknologi negara dipacu oleh saintis dan penyelidik di institusi pengajian tinggi (IPT) dan institut penyelidikan ke arah menjana penemuan nanoteknologi baharu dan baru muncul. Daripada segi tadbir urus, NNC bertanggungjawab untuk merancang, menyelaras dan memantau kegiatan R&D di Malaysia yang mendukung aspirasi strategik kerajaan dalam nanoteknologi (Rajah 14).



Sumber: NMB, 2020

Rajah 14: Carta Alir R&D&I Nanoteknologi Negara

Kini terdapat 31 IPT dan Institut Penyelidikan yang terlibat secara aktif dalam R&D nanoteknologi dan sembilan (9) daripadanya mempunyai pusat penyelidikan nano yang khusus.

INSTITUT PENYELIDIKAN	IPTS	IPTA
- Lembaga Getah Malaysia (LGM) - Institut Penyelidikan Dan Pembangunan Pertanian Malaysia (MARDI) - Institut Sistem Mikroelektronik Malaysia (MIMOS Berhad) - Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia (FRIM) - Agensi Nuklear Malaysia (ANM) - Pusat Inovasi Industri dalam Nanoteknologi (ICI Nano, SIRIM Berhad) - Institute for Medical Research (IMR)	- Universiti Southampton Malaysia (UoSM) - International Medical University of Malaysia (IMU) - Monash University Malaysia (MUM) - Universiti Nottingham Malaysia (UNM) - Universiti Teknologi Petronas (UTP) - Universiti Kuala Lumpur (UniKL) - Sunway University	- UTM - UKM - USM - UM - UPM - UiTM - UNIMAP - UTHM - UMT - UTEM - UNIMAS - UMS - UMP - UMK - UIA - UPNM - UPSI

**Tidak terhad kepada senarai di atas dan tidak mengikut keutamaan

Sumber: NNC, 2020

Rajah 15: Senarai IPT dan Institut Penyelidikan yang Menjalankan Penyelidikan dan Aktiviti Nanoteknologi di Malaysia Berdasarkan Tinjauan Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan Setakat Ogos 2020

BIDANG KEUTAMAAN R&D

Walaupun terdapat banyak inisiatif kerajaan dalam meletakkan nanoteknologi sebagai salah satu bidang keutamaan bagi negara ini sejak tahun 2001, sehingga kini, tidak ada bidang keutamaan negara yang standard untuk R&D nanoteknologi di Malaysia. IPT dan Institut Penyelidikan melaksanakan R&D berdasarkan bidang keutamaan institusi/ institut/ konsortium masing-masing ataupun berdasarkan perkembangan semasa nanoteknologi global.

Pada tahun 2011, NNC menyenaraikan tujuh bidang keutamaan berimpak tinggi dalam program NanoFund: sistem penyampaian nano, pengesan nano, bahan nano, bahan berstruktur nano, *'nano lab-on-chip'*, impak kesihatan, keselamatan dan persekitaran sosial nanoteknologi. Walau bagaimanapun, bidang keutamaan ini pada waktu itu tidak diwartakan sebagai bidang keutamaan nanoteknologi negara.

Ketiadaan bidang keutamaan R&D nanoteknologi di Malaysia telah menyebabkan hala tuju nanoteknologi negara berdepan kesukaran bagi mencapai sasaran negara.

PEMBIAYAAN R&D

Kerajaan telah membuat pelaburan besar melalui IRPA pada tahun 2001 dengan menyediakan pembiayaan R&D yang khusus untuk bidang nanoteknologi. Namun begitu pembiayaan adalah terhad, iaitu pembiayaan NanoFund oleh MOSTI pada tahun 2011, pembiayaan Konsortium “Graphene Wafer and Nanocrystalline Cellulose Research” oleh MOSTI pada tahun 2013 dan Skim Geran Penyelidikan Jangka Panjang – Malaysia Institute for Innovative Nanotechnology (LRGS-NanoMITe) yang merangkumi lima (5) program penyelidikan berasaskan nanoteknologi oleh KPT yang diterajui oleh Konsortium NanoMITe pada tahun 2015. Pembiayaan R&D nanoteknologi kini boleh diperoleh daripada geran R&D sedia ada daripada pelbagai Kementerian dan organisasi sama ada dalam bidang saintifik yang spesifik atau bidang am.

Data MOSTI, NanoMITe dan CREST menunjukkan bahawa jumlah pembiayaan projek-projek berasaskan nanoteknologi (tidak termasuk TRGS, FRGS, PRGS dan LRGS di bawah KPT kecuali NanoMITe serta pembiayaan R&D di kementerian lain) dari tahun 2011 hingga 2020 adalah berjumlah RM 78.38 juta (Jadual 2).

Jadual 2: Pembiayaan R&D untuk Projek Berasaskan Nanoteknologi daripada MOSTI & NanoMITe & CREST
Sumber: NNC MOSTI, 2020 dan NanoMITe, 2020 dan CREST, 2020

No	Tahun	Jenis Pembiayaan	Perincian Pembiayaan		Nilai (RM juta)
1	2011-2014	Geran permulaan daripada Kerajaan Malaysia	NanoFund: RM 7 juta 1. Tenaga Diperbaharui/ Tenaga Alternatif: RM 3 juta 2. Bahan/ Sistem Nano: RM 2 juta 3. Sains Hayat & Penjagaan Kesihatan: RM 2 juta	NanoCOE: RM 2.5 juta 1. COINN, UTP: RM 500 ribu 2. INEE, UNIMAP: RM 500 ribu 3. MIMOS: RM 500 ribu 4. IBNUSINA, UTM: RM 500 ribu 5. IMEN, UKM: RM 500 ribu	9.50
2	2011-2019	MESTECC/MOSTI	ScienceFund, TechnoFund, International Collaboration Fund, R&D Grant		36.40
3	2012-2020	CREST R&D Matching Grant antara CREST-Industri	8 bidang penyelidikan		4.88
4	2013	Graphene Wafer Research Consortium: Dibiayai oleh MOSTI (ScienceFund)	5 bidang penyelidikan		1.49
		Nanocrystalline Cellulose Consortium: Dibiayai oleh MOSTI (ScienceFund)	9 bidang penyelidikan		1.97
5	2015-2020	Malaysia Institute for Innovative Nanotechnology (NanoMITe) oleh KPT	Pembiayaan 18 projek penyelidikan LRGS dalam 5 bidang penyelidikan		24.14
JUMLAH (Nota: Tidak termasuk geran-geran lain seperti FRGS, PRGS dan LRGS daripada KPT)					78.28

PEMBIAYAAN R&D

Dari tahun 2011-2019, MOSTI telah membiayai sebanyak 185 projek R&D nanoteknologi. Hanya satu sahaja pembiayaan khusus daripada NanoFund (Jadual 3). Manakala projek-projek yang lain adalah berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis oleh NNC bagi projek-projek termasuk dalam kategori nanoteknologi daripada dana umum yang diberikan oleh MOSTI. Hal ini menunjukkan kepentingan untuk mewujudkan dana khusus nanoteknologi secara berterusan dalam memacu pembangunan nanoteknologi berbanding kebergantungan kepada pembiayaan umum. Tambahan pula, jumlah tertinggi projek yang berkaitan dengan nano ialah 144 projek ScienceFund (penemuan idea baharu dan kemajuan pengetahuan dalam sains gunaan) jika dibandingkan dengan TechnoFund (dana yang merangkumi pembangunan teknologi sehingga ke tahap pra-pengkomersialan) yang hanya membiayai 4 projek. Perkara ini menunjukkan bahawa pelaburan R&D dalam pembangunan eksperimental adalah agak rendah untuk membolehkan hasil R&D diterjemahkan kepada produk yang boleh dibawa ke pasaran.

No	Tahun	Jenis Pembiayaan	Bilangan Projek	Jumlah (RM juta)
1	2017	Geran R&D	11	2.43
2	2019	Dana Kerjasama Antarabangsa [ICF]	1	0.26
3	2011-2015	Dana Sains	144	30.02
4	2013-2016	Dana Teknologi	4	7.16
5	2011-2014	Dana Nano	20	7.00
6	2011-2014	NanoCOE	5	2.50
JUMLAH			185	49.38

Jadual 3: Jenis Pembiayaan dan Bilangan Projek Berasaskan Nanoteknologi yang Dibiayai di bawah Dana MOSTI (2011-2019)
Sumber: NNC MOSTI, 2020

No	Kategori	Bilangan Projek	Jumlah (RM juta)
1	Peranti Elektronik & Sistem	56	13.26
2	Kesejahteraan, Perubatan & Penjagaan Kesihatan	54	15.75
3	Tenaga & Alam Sekitar	34	8.40
4	Makanan & Pertanian	19	7.16
5	Pembuatan & Industri	14	3.04
6	Salutan	4	0.71
7	Sintesis	3	0.89
8	Tekstil	1	0.18
JUMLAH		185	49.38

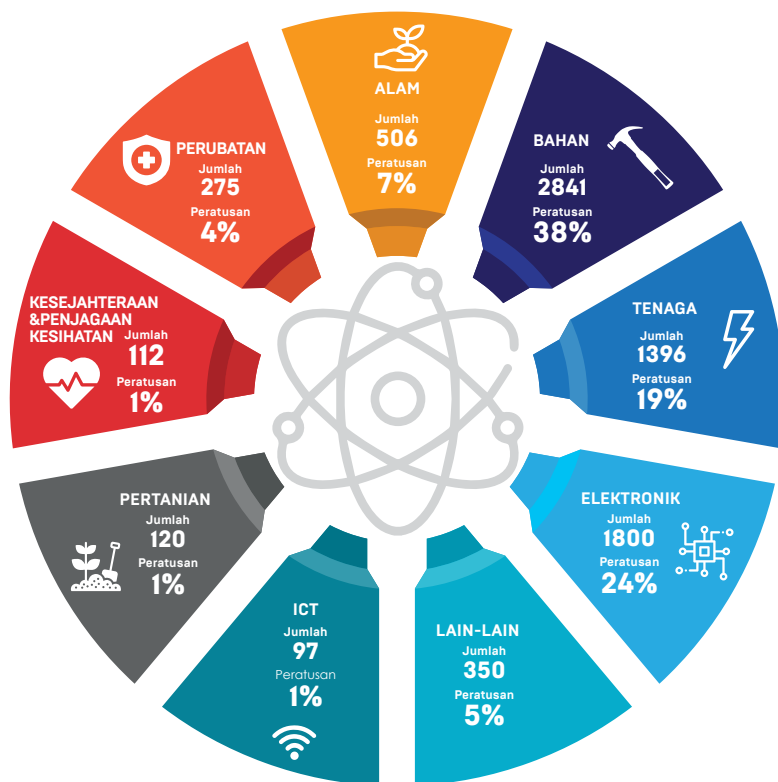
Jadual 4: Bilangan Projek dan Jumlah Pembiayaan oleh MOSTI/ MESTECC Mengikut Kategori R&D Nanoteknologi
Sumber: NNC MOSTI, 2020

Jadual 4 menunjukkan bilangan projek yang tertinggi ialah dalam kategori Peranti Elektronik & Sistem, diikuti oleh Kesejahteraan, Perubatan dan Penjagaan Kesihatan. Hal ini menunjukkan kekuatan para penyelidik tempatan yang boleh dimanfaatkan untuk meningkat dan memajukan industri negara melalui nanoteknologi.

Dalam menyokong pelaksanaan R&D dalam pelbagai bidang termasuk nanoteknologi, kerajaan melalui Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) juga telah menawarkan beberapa geran untuk memacu perkembangan pengetahuan. Antaranya ialah:

- **Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS)** – sehingga RM 250,000 untuk tempoh penyelidikan 2-3 tahun.
- **Skim Geran Penyelidikan Pembangunan Prototaip (PRGS)** – sehingga RM 500,000 untuk tempoh penyelidikan 1-2 tahun.
- **Skim Geran Penyelidikan Transdisiplinari (TRGS)** – sehingga RM 1.5 juta untuk tahun pertama dan maksimum 50% untuk keseluruhan 3 tahun.
- **Skim Geran Penyelidikan Jangka Panjang (LRGS)** – sehingga RM 3 juta setahun untuk tempoh penyelidikan 3-5 tahun.

PENERBITAN



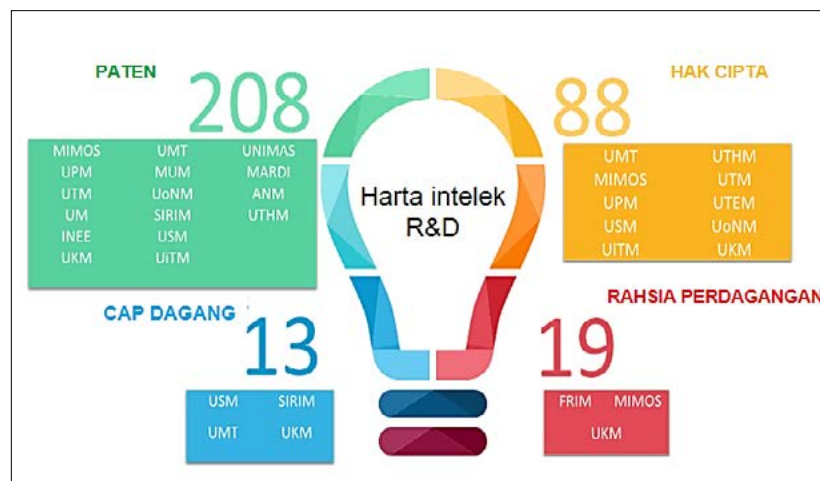
Sumber: NNC, 2020

Rajah 17: Penerbitan Penyelidikan Nanoteknologi tahun 2015-2019

Kaji selidik NNC terhadap jumlah penerbitan melalui aktiviti penyelidikan nanoteknologi telah mendapati sejumlah 8,963 artikel dicatatkan dalam jurnal, prosiding, buku, dan majalah. Karya terbitan para penyelidik merangkumi pelbagai bidang, dengan bilangan penerbitan terbanyak dalam bidang Bahan (2841) yang mencakupi bahan nano, bahan berstruktur nano seperti nanoselulosa, nanotub karbon, nanowayar silikon dan graphene. Penerbitan berkaitan nanoteknologi juga merangkumi Alam Sekitar, Perubatan, Kesihatan dan Kesejahteraan, Pertanian, ICT, Elektronik dan Tenaga. Namun begitu, masih terdapat jurang dalam menterjemahkan hasil penyelidikan kepada produk penyelidikan.

HARTA INTELEK

Berdasarkan data terkini yang dikumpulkan oleh NNC, sejumlah 328 Harta Intelek (IP) telah difailkan oleh IPT dan IP dari 2015-2019 dengan pecahan 208 paten, 88 hak cipta, 13 cap dagang dan 19 rahsia perdagangan (data kaji selidik NNC, 2020). Walau bagaimanapun, usaha menterjemahkan IP kepada produk yang boleh dipasarkan dan mempunyai nilai tetap menjadi cabaran utama yang perlu ditangani.



Sumber: NNC, 2020

Rajah 18: Harta Intelek dari 2015-2019

PENGGOMERSIALAN

Pengkomersialan nanoteknologi di Malaysia dipacu oleh NMB sebagai pemain utama yang bertanggungjawab dalam pengkomersialan dan perindustrian nanoteknologi di Malaysia. Selain daripada itu, terdapat beberapa badan pengkomersialan lain seperti Kerjasama Penyelidikan dalam Kejuruteraan, Sains dan Teknologi (CREST) dan Perbadanan Pembangunan Teknologi Malaysia (MTDC) yang juga membantu industri nanoteknologi di bawah program pengkomersialan masing-masing.

Sebagai entiti utama dalam pengkomersialan, NMB sentiasa memberi sokongan kepada entiti komersial dalam kalangan pemain industri nanoteknologi bagi mencapai sasaran menuju ke arah ekonomi berteraskan inovasi. Sokongan tersebut meliputi kegiatan pemasaran global, membantu perkembangan bakat mengikut sektor, menyediakan sumber kewangan dan infrastruktur, membantu dalam pemindahan teknologi dan pengetahuan, dan memangkin inovasi produk yang memanfaatkan teknologi nano.

Sembilan [9] tahun usaha NMB menyelaras dan memajukan industri nanoteknologi di negara ini telah menunjukkan hasil yang membanggakan daripada program-programnya dalam pembuatan produk nano, pasaran, pembiayaan, pensijilan serta kemudahan dan infrastruktur yang disediakan.

PEMINDAHAN TEKNOLOGI DALAM NANOTEKNOLOGI

Dalam tempoh lima tahun kebelakangan ini, CREST telah membiayai program Gallium Nitride on Gallium Nitride (GaN-on-GaN) dengan tujuan mempertingkatkan pertumbuhan ekosistem Diod Pemancar Cahaya (LED) di Malaysia. Teknologi yang dibangunkan oleh CREST ialah epitaksi Gallium Nitride. Pembiayaan yang diperuntukkan untuk program adalah berjumlah RM 123.30 juta berdasarkan geran padanan dengan sumbangan oleh CREST sebanyak 62.8%, universiti 22.2% dan industri 15%.

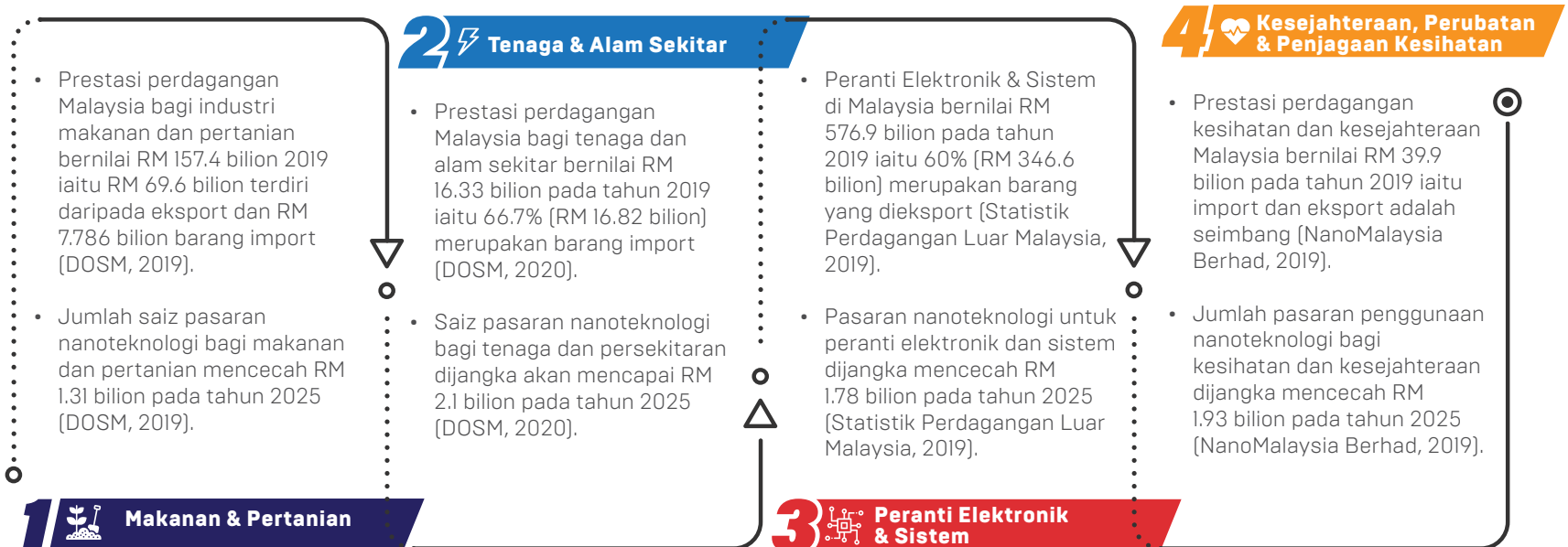
Melalui program penyelidikan GaN-on-GaN, CREST telah menarik institut akademik di Malaysia (UM, USM, UniMAP dan Monash University Malaysia) untuk menjalin usaha sama dengan University of California Santa Barbara (UCSB). Buat kali pertama dalam negara, pasukan penyelidikan ini telah menyediakan satu rantaian bekalan yang lengkap untuk LED daripada proses epitaksi hulu kepada pembikinan, pembungkusan, dan aplikasi sistem.

Di bawah program ini, seramai kira-kira 70 pakar GaN dalam kalangan rakyat Malaysia menjalankan penyelidikan masing-masing di UM, USM, Monash University Malaysia, dan UniMAP. Program ini telah turut melibatkan mobiliti penyelidik pelawat dari Malaysia ke UCSB selama 6 bulan sebagai sebahagian daripada aktiviti pemindahan teknologi (4 penyelidik setiap tahun). Setakat ini, seramai 13 orang penyelidik pelawat telah menyempurnakan latihan dan kembali ke Malaysia untuk menyambung penyelidikan serta memberi tunjuk ajar kepada pasukan tempatan.

Buat masa ini, program ini telah berjaya mereplikasi kerja penyelidikan makmal Nakamura di UM dan USM. Kedua-dua makmal ini menjalankan penyelidikan dan pembangunan termaju dalam lapisan epitaksi GaN untuk peranti LED. Susulan usaha sama dengan Shuji Nakamura, OSRAM telah membuat pelaburan dalam hulu epitaksi dan menawarkan kemudahan fasiliti pembuatan di Kulim melalui sumbangan *in-kind*. Program ini telah menghimpunkan keupayaan universiti tempatan dalam aktiviti penyelidikan GaN daripada pembikinan, pembungkusan, pengujian, filem-nipis, hinggalah kepada pencirian permukaan.

PEMBUATAN PRODUK NANO

NMB membuat unjuran bahawa pembuatan produk nano dalam empat sektor lonjakan nanoteknologi akan mencapai saiz pasaran RM 1-2 bilion pada tahun 2025.



Jadual 6: Empat Sektor Lonjakan untuk Pembangunan Nanoteknologi
Sumber: NMB, 2020

PASARAN NANOTEKNOLOGI MALAYSIA

Skop produk nanoteknologi bukan sahaja merujuk kepada produk fizikal yang dapat dipasarkan, bahkan juga merujuk kepada penyelesaian masalah, sistem, perkhidmatan, dan teknologi dalam bentuk harta intelek.



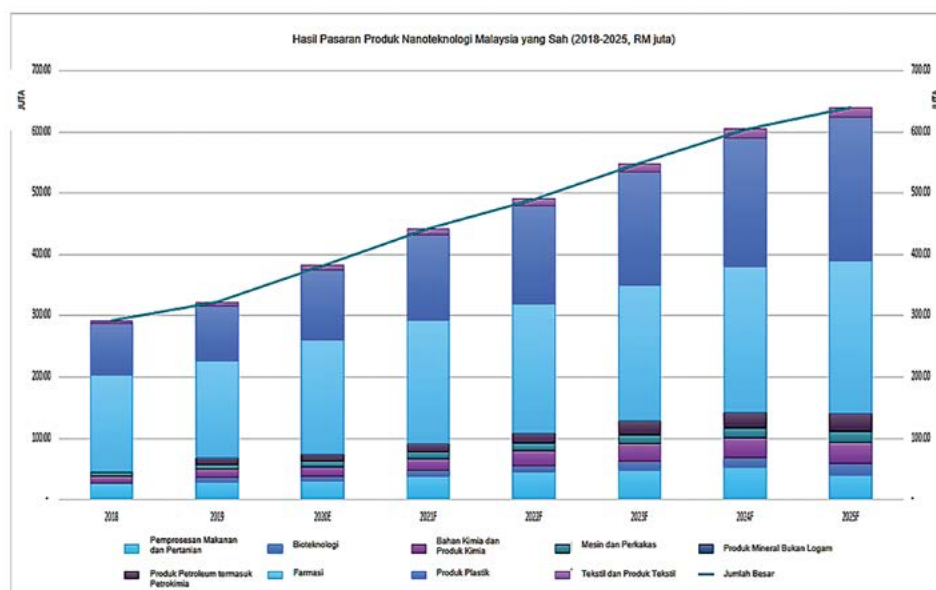
Sumber: NMB, 2020

Rajah 19: Produk Nanoteknologi yang Dikomersialkan di Malaysia

Hasil pendapatan pasaran produk nanoteknologi Malaysia bernilai RM 322,307 juta pada tahun 2019 dan dijangka terus meningkat walaupun dalam persekitaran pandemik COVID-19 kerana nanoteknologi berfungsi sebagai pemerdaya teknologi untuk memerangi COVID-19. Bahan nano memainkan peranan penting sebagai pembasmi kuman dan pembekal langkah pencegahan lain daripada SARS-CoV-2. Berdasarkan sebab ini, hasil pendapatan daripada pengeluaran bioteknologi, kimia, farmasi, plastik dan tekstil dijangka melambung tinggi walaupun mendepani cabaran pada masa hadapan.

Pertumbuhan nanoteknologi tempatan dijangka mencapai Kadar Pertumbuhan Tahunan Kompaun (CAGR) pada kadar 10.9% untuk jangka masa 2020-2025 dengan produk farmasi dan plastik menguasai pasaran Malaysia dengan masing-masing mencatatkan RM 249.46 juta dan RM 234.72 juta (Data NanoVerify Sdn Bhd, 2020).

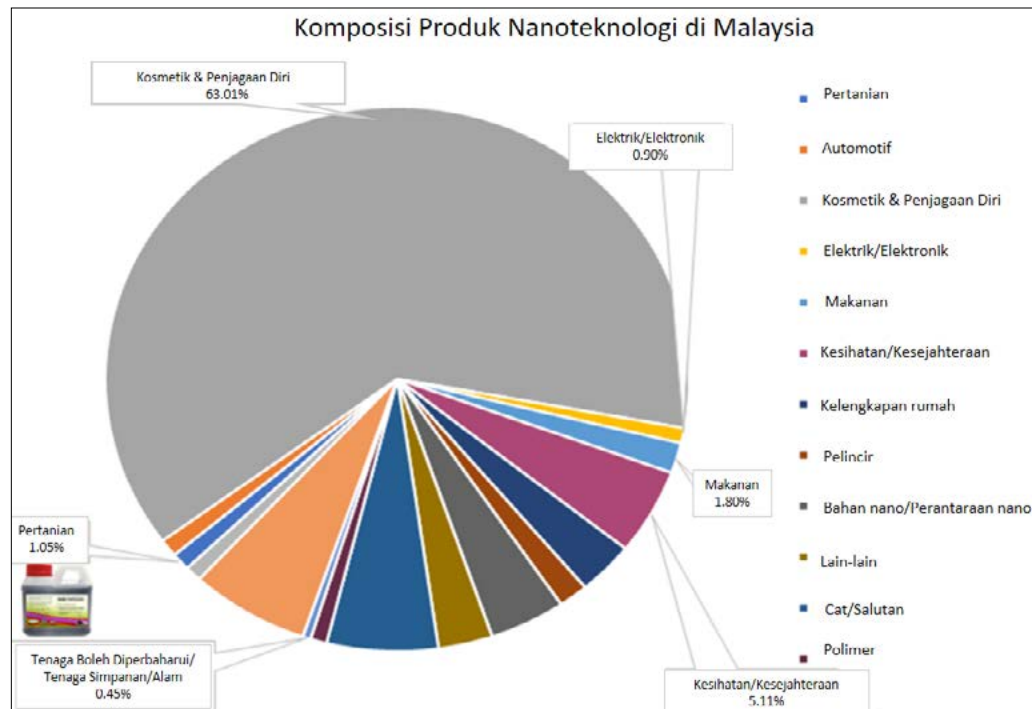
Melalui program NANOVerify, hasil pendapatan dijangka akan meningkat dengan penglibatan lebih banyak industri dalam tempoh lima (5) tahun akan datang.



Sumber: NMB, 2020

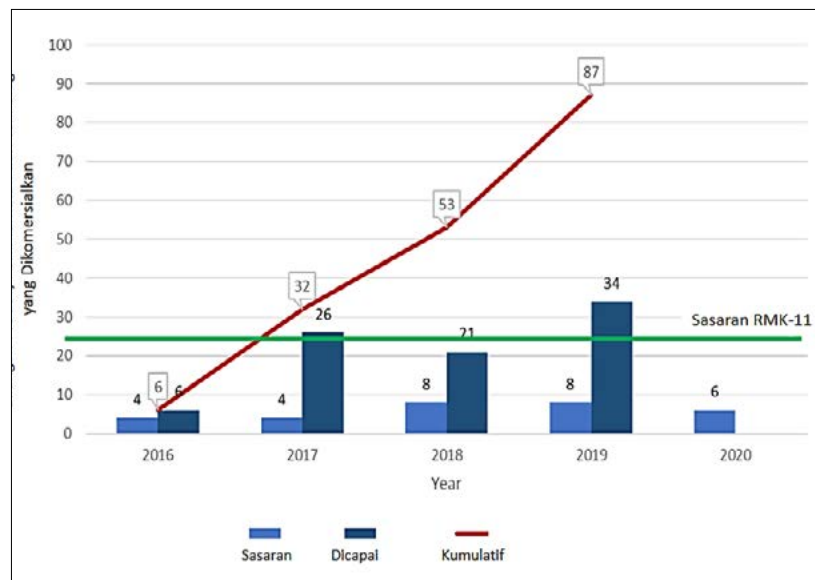
Rajah 20: Pasaran Produk Nanoteknologi Malaysia yang diverifikasi

Produk nanoteknologi yang mendahului di Malaysia kini ialah produk kosmetik dan penjagaan diri yang merangkumi 63.1% daripada keseluruhan produk nanoteknologi.



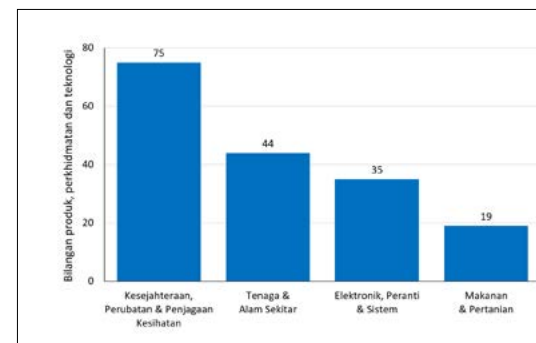
Beberapa produk, perkhidmatan, dan teknologi telah berjaya dikomersialkan melalui program NMB yang kini telah mencecah 87 kesemuanya. Dapada 87 produk, perkhidmatan dan teknologi ini, beberapa syarikat telah menyumbang dalam lebih daripada satu sektor Lonjakan Utama.

Sumber: NMB, 2020
Rajah 21: Komposisi Produk Nanoteknologi di Malaysia



Sumber: NMB, 2020

Rajah 22: Bilangan Produk, Perkhidmatan dan Teknologi yang Dikomersialkan



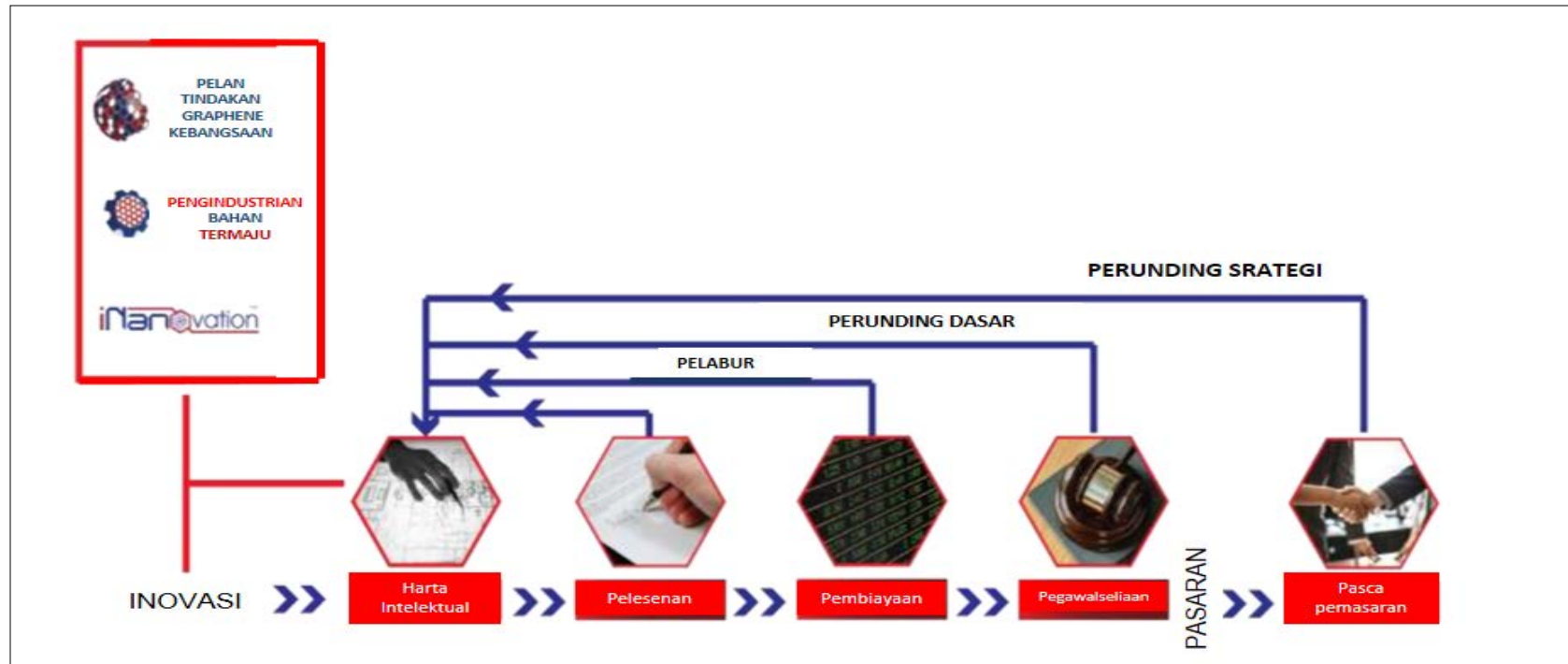
Sumber: NMB, 2, MIMOS, 2020 dan SilTerra Malaysia Sdn Bhd, 2020

Rajah 23: Produk dan Perkhidmatan Nanoteknologi yang telah dikomersialkan

Rajah 23 menunjukkan jumlah keseluruhan produk komersial, perkhidmatan dan teknologi daripada NMB, MIMOS dan Silterra Sdn. Bhd. berdasarkan empat sektor lonjakan. Produk, perkhidmatan dan teknologi yang paling tinggi dikomersialkan adalah daripada sektor Kesejahteraan, Perubatan dan Penjagaan Kesehatan.

PENGGKOMERSIALAN DAN INOVASI HARTA INTELEK (C&I IP)

IP yang dibangunkan oleh NanoMalaysia Berhad untuk tujuan pengkomersialan merupakan instrumen asas yang digunakan untuk memacu agenda pengkomersialan nanoteknologi.

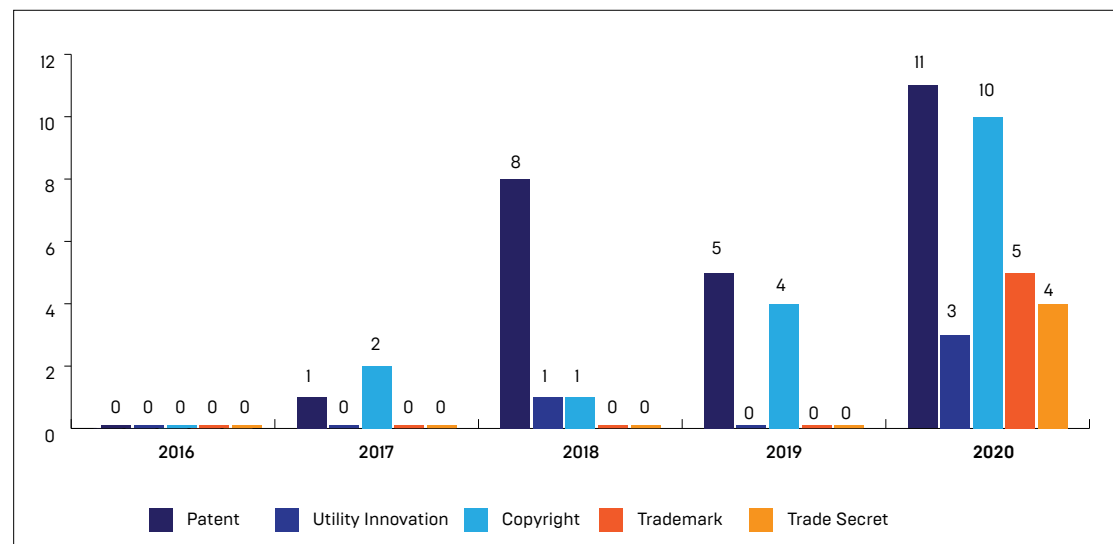


Sumber: NMB, 2020

Rajah 24: Pembangunan C&I IP oleh NMB

Melalui usaha pembangunan dan perlindungan IP yang dihasilkan daripada beberapa projek pembangunan dan peningkatan skala produk, NMB telah dapat menggunakan IP berkenaan untuk mewujudkan peluang perniagaan dalam usaha kerjasama melalui pelesenan dan memberikan pertimbangan terbitan saham, menjana pendapatan untuk IKS melalui pembayaran royalti dan yuran pelesenan, sebagai IP latar belakang untuk membangunkan IP yang baharu dan lebih berharga, serta sebagai satu bentuk jaminan untuk pelaburan projek.

NMB setakat ini telah berjaya membangunkan dan memfailkan sebanyak 55 IP melalui RMKe-11, program pengkomersialan nanoteknologi, Pelan Tindakan Graphene Kebangsaan, iNanovation dan Perindustrian Bahan Termaju.



Sumber: NMB, 2020

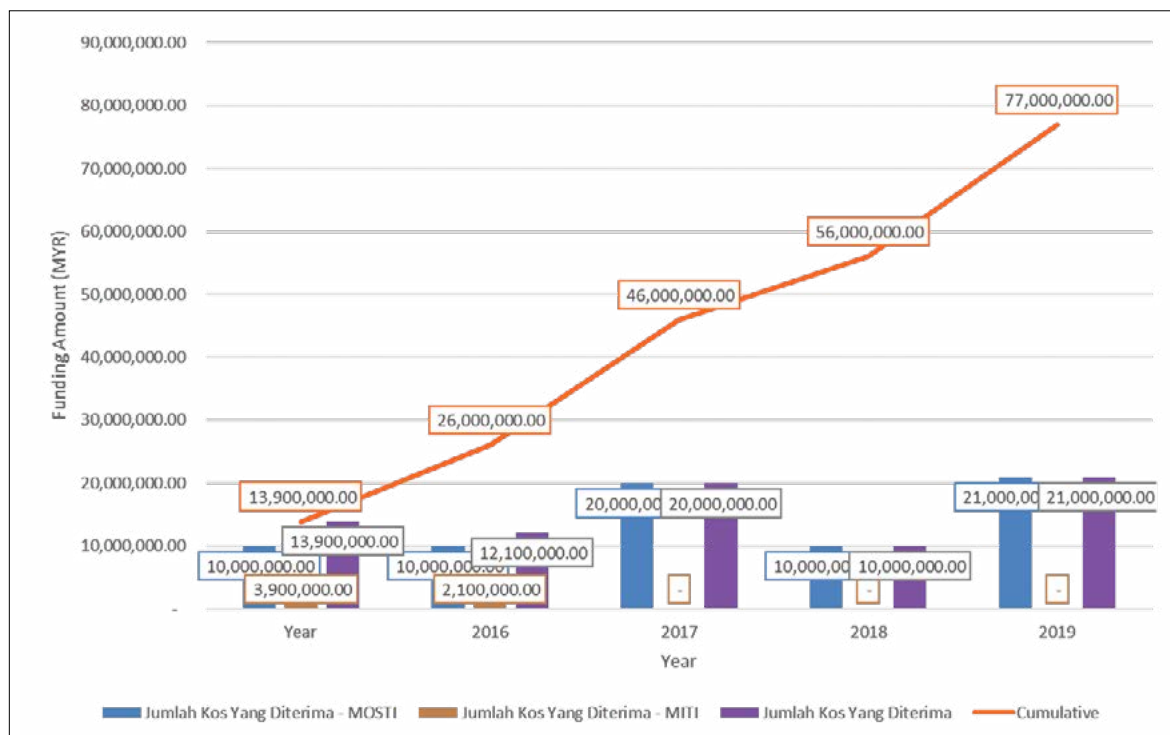
Rajah 25: Harta Intelek yang Difaikan oleh NanoMalaysia Berhad di bawah MyIPO

PEMBIAYAAN

Pembiayaan program pengkomersialan nanoteknologi NMB adalah terbuka kepada industri, termasuk syarikat hiliran daripada universiti dan syarikat terbitan swasta. Bagi projek pembangunan produk yang biasa, NMB menawarkan pembiayaan sehingga RM 500,000 manakala bagi projek peningkatan skala, pembiayaan dihadkan kepada RM 1 juta.

Pelaburan NMB pada masa hadapan akan bergantung kepada jenis, skala, dan kerumitan projek, dengan memanfaatkan rakan industri bagi mengkomersialkan produk atau teknologi yang dihasilkan. Setelah mengumpulkan jumlah pelaburan selama bertahun-tahun atau melalui usaha sama dan kaedah pembayaran balik yang lain, NMB akan memberikan IP yang dikembangkan kepada rakan industri untuk dieksploitasi. NMB kemudian akan mengambil pendekatan pembangun teroka iaitu NMB bekerjasama dan mencipta inovasi dan entiti perniagaan yang diperlukan serta mengembangkan ekosistem yang sesuai untuk mengkomersialkan produk akhir dengan jayanya.

Dalam RMKe-II, kerajaan melalui MOSTI dan MITI telah menyalurkan pelaburan berjumlah RM 80 juta untuk tempoh lima (5) tahun bagi program pengkomersialan nanoteknologi yang diterajui oleh NMB.



Sumber: NMB, 2020

Rajah 26: Nilai Pembiayaan untuk Program-Program Pengkomersialan NanoMalaysia Berhad

Selain NMB, MIMOS dan Silterra Malaysia juga telah menerima pembiayaan bagi tujuan pengkomersialan produk nanoteknologi. Pembiayaan yang diterima oleh NMB, MIMOS, Silterra dan CREST ditunjukkan dalam Jadual 7.

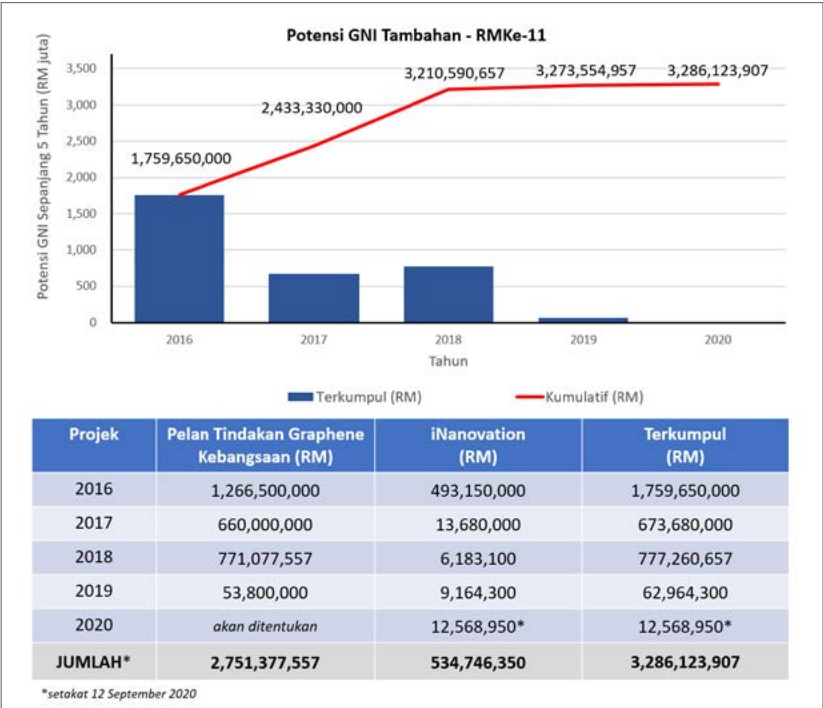
Daripada pelaburan tersebut, NMB telah melepasi petunjuk prestasi utama (KPI) yang ditetapkan iaitu menghasilkan potensi Pendapatan Negara Kasar (PNK) sebanyak RM 3,286,123,907 dan mencipta sebanyak 2,173 potensi peluang pekerjaan dalam tempoh 5 tahun pelaksanaan program. Program NANOVerify juga telah meningkatkan pendapatan syarikat kepada RM 126.2 juta dan mencapai 13% penembusan pasaran tempatan.

Sementara itu, SilTerra Malaysia telah memperoleh kira-kira 20% keupayaan tambahan untuk membangun dan mengeluarkan wafer buatan secara besar-besaran untuk pasaran global. Hasil tahunan SilTerra Malaysia telah mengalami naik turun antara RM 400 juta dan RM 600 juta. Anggaran sumbangan daripada geran RM 40 juta antara tahun 2015-2020 kepada hasil tahunan SilTerra diterjemahkan kepada kira-kira RM 24 juta hingga RM 36 juta setahun (6%) daripada jumlah dapatan hasil.

PEMBIAYAAN

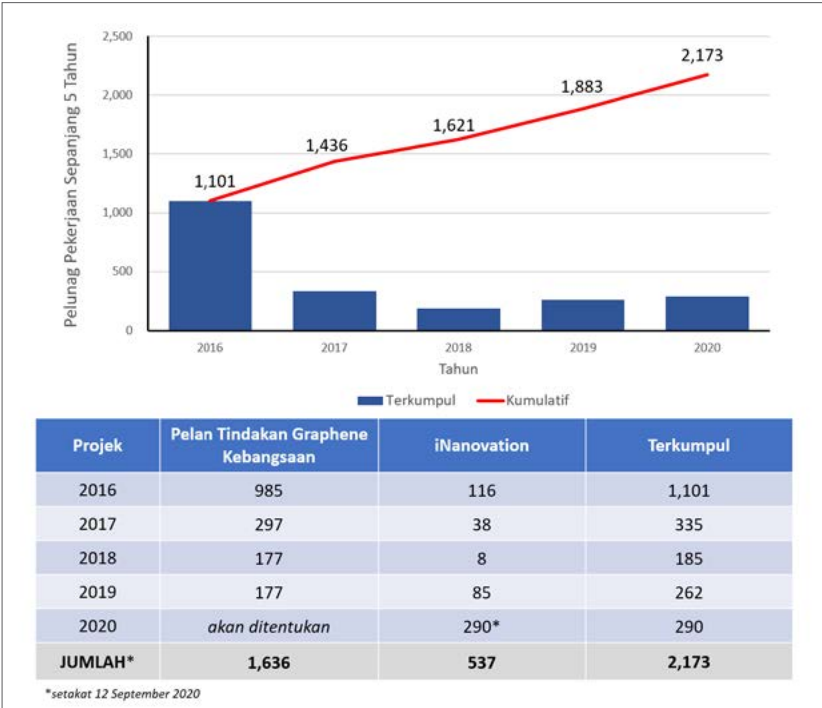
No	Tahun	Perincian Pembiayaan	Bilangan Produk/ Perkhidmatan/ Teknologi yang Dikomersialkan	Jumlah (RM juta)
1	2006-2020	Pembiayaan diberikan kepada 4 program Pengkomersialan MIMOS: a) Nano-elektronik b) Jaringan dan Penyelesaian Sensor Berasaskan-NEMS yang tersedia c) Platform Graphene untuk Nano-elektronik Termaju & Mudah Lentur d) Penubuhan Infrastruktur Perkongsian Nano-elektronik Kebangsaan	23	143.86
2	2015-2019	NanoMalaysia Berhad: Dalam RMKe-II, NMB menerima pembiayaan melalui MOSTI dan MITI	144	80.00
3	2015-2020	SilTerra Malaysia: Domestic Investment Strategic Fund daripada MIDA	6 produk di bawah sektor Elektronik, Peranti dan Sistem serta aplikasi dalam 3 sektor lonjakan	40.00
4	2016-2020	CREST: Program Gallium Nitride on Gallium Nitride (GaN-on-GaN). Pecahan pembiayaan: 62.8% daripada CREST, 22.2% daripada universiti dan 15% daripada industri	Projek di bawah fasa pembangunan produk	123.3
JUMLAH			173	387.16

Jadual 7: Jenis Pembiayaan dan Bilangan Produk/ Perkhidmatan/ Teknologi yang telah dikomersialkan dari 2006 hingga 2020
Sumber: NMB, 2020, CREST, 2020, SilTerra Malaysia, 2020, and MIMOS, 2020



Sumber: NMB, 2020

Rajah 27: Potensi GNI Tambahan Sepanjang 5 Tahun yang Dikenalpasti oleh Industri



Sumber: NMB, 2020

Rajah 28: Potensi Peluang Pekerjaan Sepanjang 5 tahun yang Dikenalpasti oleh Industri



Sumber: NMB, 2020

Rajah 29: Pencapaian Program NANOVerify

FASILITI & INFRASTRUKTUR

Dari segi fasiliti dan infrastruktur, NMB menawarkan empat program fasilitasi bagi membantu syarikat nanoteknologi, syarikat terbitan dan PKS untuk membangun serta mengkomersialkan produk, perkhidmatan, sistem dan teknologi masing-masing yang berasaskan nanoteknologi. Kemajuan dan pencapaian semasa diperincikan dalam Jadual 8.

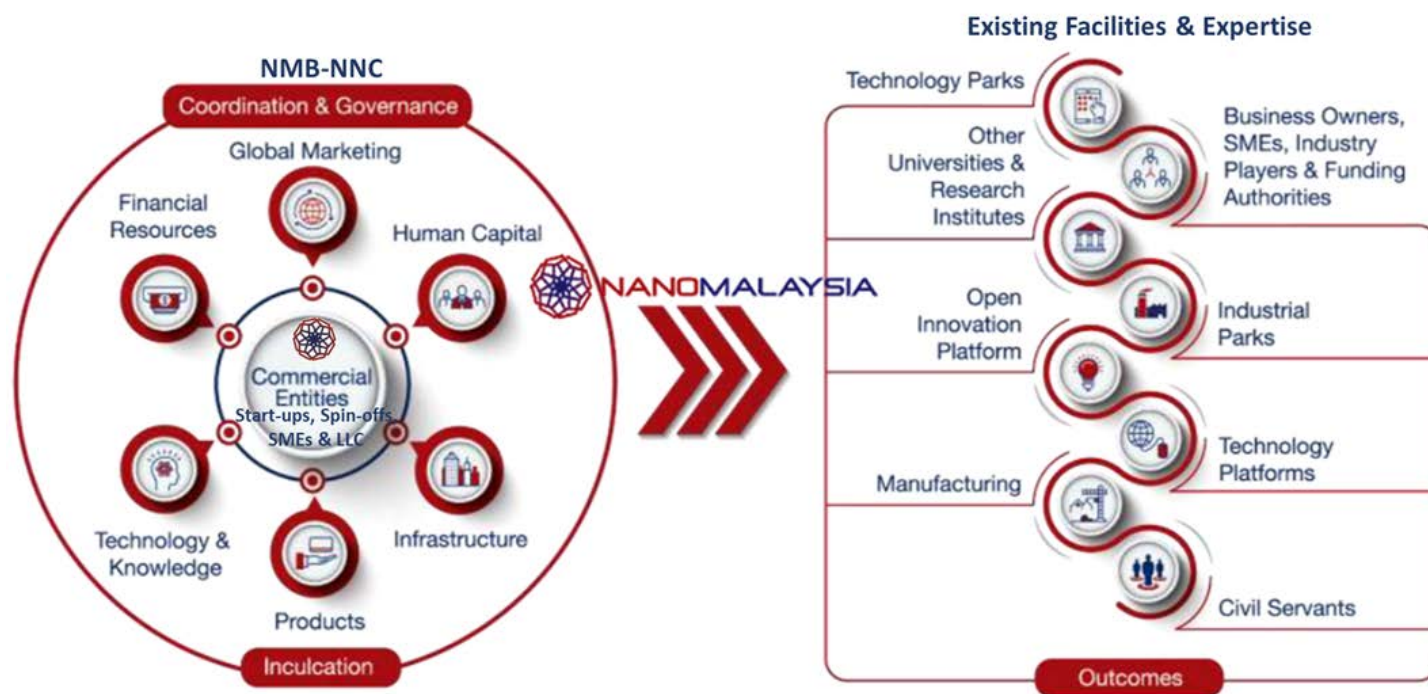
Pelan Tindakan Graphene Kebangsaan	iNanovation	Pengindustrian Bahan Termaju	NANOVerify
- Program pengkomersialan tertumpu kepada aplikasi dan pembuatan tambah-nilai yang tinggi didorong oleh graphene - IP dalam lima bidang aplikasi iaitu anod bateri lithium-ion / ultracapacitors, conductive inks, rubber additives, plastic additives, dan nanofluids. - Dari 2016 hingga 2019, sejumlah 29 projek telah disempurnakan dan 15 projek masih berjalan di bawah program fasilitasi NGAP. - Pada 2020, program NGAP diperluaskan dengan aplikasi baharu, iaitu nanosensor, peranti berfrekuensi radio (RF), laser dll.	- Memberi sokongan yang diperlukan oleh perusahaan dan syarikat terbitan nanoteknologi untuk mengembangkan perniagaan. - Dicapai dengan mengemukakan proses dan bahan-bahan baru yang didukung nanoteknologi untuk membolehkan anjakan transformasi daripada industri biasa kepada industri yang didukung nanoteknologi.	- Mewujudkan platform teknologi dan makmal-makmal industri untuk Perusahaan Kecil, Sederhana dan Besar menambah baik produk masing-masing dengan mengguna pakai bahan termaju khususnya untuk sektor E&E. - Program yang beroperasi selama dua tahun (2016 hingga 2017) menggunakan platform inovasi terbuka untuk mewujudkan IP baharu yang bermula daripada satu sektor kepada pelbagai sektor lain, misalnya sistem pengurusan bateri yang telah dibangunkan untuk skuter elektrik yang dapat diolah dengan mudah ke dalam pelbagai aplikasi yang memerlukan pemantauan prestasi bateri pada jarak jauh.	- Memastikan produk dan aplikasi nanoteknologi yang dibangunkan oleh IKS di Malaysia mematuhi keperluan serta jangkaan amalan terbaik global. - NanoMalaysia bekerjasama dengan SIRIM QAS International dalam menawarkan program persijilan nanoteknologi sukarela dikenali sebagai NANOVerify, sejajar dengan syarat-syarat yang ditetapkan oleh Jabatan Standard Malaysia.

Jadual 8: Fasiliti & Infrastruktur

FASILITI & INFRASTRUKTUR

NMB tidak memiliki infrastruktur fizikal makmal atau pusat penyelidikan sendiri, sebaliknya memanfaatkan aset serta peralatan di universiti dan institut penyelidikan melalui usaha sama penyelidikan secara kontrak. NMB turut menggunakan aset, IP dan sumber daripada penerima teknologi dalam satu rangka kerja projek yang membolehkan sumbangan daripada rakan industri [atau penerima teknologi] diperakui, justeru melancarkan proses ke arah penerokaan projek dan usaha sama baru atau Special Project Venture (SPV).

Seperti dalam Rajah 30 di bawah, NMB dan NNC menyelaras dan mentadbir urus secara bersama bagi aktiviti berkaitan pengkomersialan nanoteknologi – NNC menumpu kepada penyelidikan, manakala NMB membawa hasil penyelidikan tersebut ke pasaran.



Sumber: NMB, 2020

Rajah 30: Ekosistem Pengkomersialan NanoMalaysia Berhad

Di sebalik kejayaan program NMB, masih ada ruang untuk menambahbaik sektor pengkomersialan nanoteknologi dalam negara. Antara isu yang telah diketengahkan oleh pemegang taruh, khususnya pihak industri ialah kurangnya permintaan produk nanoteknologi tempatan dan usaha pelaburan serta fasilitasi yang perlu dipertingkatkan untuk pengkomersialan nanoteknologi pada tahap yang tinggi.

STANDARD, KESELAMATAN DAN REGULATORI

Malaysia komited dalam menguruskan nanoteknologi dengan penuh bertanggungjawab demi menjamin kemakmuran, kesejahteraan dan keselamatan kepada rakyat. Di bawah Rancangan Malaysia ke-II, MOSTI telah memulakan satu kajian Penanda Aras untuk Risiko Keselamatan Berasaskan bahan Nano (2020-2023) yang merupakan projek tiga (3) tahun untuk mengumpul data keselamatan produk berasaskan bahan nano dalam pasaran tempatan. Sasaran projek adalah untuk menetapkan penanda aras ke arah penilaian risiko produk berasaskan nano demi menjamin pembangunan industri nanoteknologi yang lestari di Malaysia.

Melalui projek ini, NNC berhasrat untuk membangunkan satu inventori produk berasaskan bahan nano dalam pasaran tempatan. Pangkalan data inventori ini boleh dicapai oleh orang awam sebagai sumber rujukan aspek keselamatan, kesihatan dan alam sekitar, menjurus kepada penilaian risiko produk nano. Analisis akan dikelaskan mengikut empat sektor ekonomi: Makanan & Pertanian; Tenaga & Alam Sekitar; Kesejahteraan, Perubatan & Penjagaan Kesihatan; dan Peranti Elektronik & Sistem. Dapatan projek akan digunakan sebagai rujukan pihak berkuasa pengawal seliaan dalam mempertimbangkan pengesyoran penanda aras.

NNC akan mengikuti perkembangan amalan nanokeselamatan dalam kalangan negara maju, dan akan mengguna serta menyelaraskan amalan berkenaan, mengikut kesesuaian pada peringkat ASEAN.

Nanoteknologi telah mempengaruhi proses dan konteks pekerjaan yang meluas. Pada tahun 2018, Jabatan Kesihatan dan Keselamatan Pekerjaan (JKKP) telah menerbitkan *Guideline on Control and Safe Handling of Nanomaterial* sebagai satu garis panduan, pengesyoran pengendalian yang selamat dan kawalan bahan nano di tempat kerja. Garis panduan ini menyediakan maklumat serta kefahaman asas kepada pekerja dan majikan berhubung potensi bahaya yang dikaitkan dengan nanoteknologi dan menekankan langkah-langkah kawalan bagi pendedahan kepada bahan nano. Untuk memastikan produk dan aplikasi nanoteknologi yang dibangunkan oleh IKS mematuhi amalan terbaik global, NMB bekerjasama dengan SIRIM QAS International Sdn Bhd untuk menawarkan program persijilan nanoteknologi sukarela sejajar dengan syarat-syarat yang ditetapkan oleh Jabatan Standard Malaysia dikenali sebagai NANOVerify.

Malaysia telah melibatkan diri secara aktif dalam mesyuarat ISO/TC 229 Nanotechnologies sejak penubuhannya pada tahun 2005. Keanggotaan 37 ahli dalam Jawatankuasa Teknikal ini bersama-sama 18 pemerhati telah menerbitkan sejumlah 81 standard ISO nanoteknologi dengan tambahan sebanyak 34 standard yang sedang dibangunkan. Malaysia telah menerima pakai tiga standard ISO dalam nanoteknologi: MS ISO/TS 10867:2012 [Nanotechnologies - Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy]; MS ISO/TS 11251:2012 [Nanotechnologies - Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry]; dan MS ISO/TS 13830:2018 [Nanotechnologies - Guidance on voluntary labelling for consumer products containing manufactured nano-object].

Standards Malaysia menguruskan sejumlah 25 Jawatankuasa Standard Kebangsaan (NSC) sejak tahun 2019. Standard kebangsaan biasanya dibangunkan dan diterbitkan atas permintaan pihak berkepentingan. Penggunaan standard oleh industri, perniagaan dan pengguna adalah secara sukarela. Pematuhan kepada standard akan hanya menjadi wajib sekiranya dimasukkan dalam mana-mana Akta atau Peraturan Teknikal. Sekiranya satu standard diwajibkan, pihak berkuasa pengawal seliaan yang berkenaan akan bertanggungjawab dalam memastikan pelaksanaan dan pematuhan standard dalam kalangan pihak berkepentingan. NSC B menyelia aktiviti standard berkaitan Bahan dan Bahan Kimia, dan setakat ini telah membangunkan sejumlah 562 dokumen *Malaysian Standard*. Nanoteknologi diletakkan di bawah NSC B dan diselia oleh satu Jawatankuasa Teknikal, TC/B/15 Nanotechnologies. Empat kumpulan kerja di bawah jawatankuasa ini ialah: Terminology and Nomenclature; Measurement and Characterization; Health, Safety and Environmental Aspects of Nanotechnologies; dan Material Specifications.

Malaysia telah mengemukakan dua kertas cadangan untuk mengetuai pembangunan standard dalam nanoteknologi pada peringkat ISO melalui ISO/TC 229/WG 3 (Health, Safety and Environmental Aspects of Nanotechnologies) dan ISO/TC 229/WG 5 (Products and Applications). Projek ini dijangka didaftarkan pada tahun 2021. Draf dokumen ISO akan disemak oleh pakar antarabangsa dalam kumpulan kerja masing-masing.

Pada tahun 2006, OECD menubuhkan satu program untuk menggalakkan kerjasama antarabangsa berkaitan aspek keselamatan, kesihatan dan alam sekitar dalam pembuatan bahan nano. Setelah diterima menyertai sistem OECD Mutual Acceptance of Data (MAD), Malaysia mula menyertai mesyuarat OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN) sejak 2016 dan komited untuk terus melibatkan diri dalam program ini bagi memastikan bidang nanoteknologi dalam negara dibangunkan dengan bertanggungjawab.

STANDARD, KESELAMATAN DAN REGULATORI

Nanoteknologi dan bahan nano yang dikilangkan telah disenaraikan antara lapan isu dasar baharu oleh UNEP Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM). Kementerian Alam Sekitar dan Air (KASA) yang mewakili Malaysia dalam mesyuarat SAICM dan MOSTI sebagai pusat tumpuan kebangsaan bagi nanoteknologi, akan mengemukakan maklumat terkini berhubung nanoteknologi dan bahan nano yang dikilangkan dalam negara. NNC juga bertanggungjawab mencadangkan langkah-langkah mitigasi dalam memastikan isu-isu dasar berkaitan nanoteknologi diurus mengikut amalan pada peringkat antarabangsa.

NNC dan NMB merupakan antara 13 organisasi daripada sembilan (9) buah negara yang terlibat dalam penubuhan Asia Nano Forum (ANF). Negara-negara anggota ini telah menjalinkan kerjasama melalui empat kumpulan kerja: Penstandardan; Rangkaian Pengguna-Fasiliti; Nano Keselamatan dan Pengurusan Risiko; dan Pengkomersialan, dalam memajukan bidang nanoteknologi di negara masing-masing.

Penglibatan NNC dalam mesyuarat tahunan EU-Asia Dialogue bagi Nanokeselamatan bermula pada tahun 2019, iaitu mesyuarat kali ke-3 yang dianjurkan oleh Thailand. Melalui program ini, pakar-pakar di Asia dan Eropah bertemu untuk berkongsi pengetahuan dalam keselamatan nanoteknologi dan menetapkan kerjasama tematik.

Semua kerjasama yang dinyatakan di atas telah membolehkan NNC menganjurkan pelbagai program di rantau ini dengan penglibatan rakan antarabangsa, iaitu Seminar "Management of Chemicals and Nanomaterials" (dengan OECD EHS & WPMN, September 2016), Persidangan "Nanotechnology for Safe and Sustainable Development" (UNESCAP Asian dan Pacific Centre for Transfer of Technology, Mac 2017), Seminar "Nanosafety" (ANF Summit Meeting, Ogos 2017) and Kursus Nanosafety (UN Institute for Training and Research, November 2018).

Isu semasa berhubung standard, keselamatan dan regulatori nanoteknologi ialah:

1. Kurangnya kesedaran berkaitan standard, keselamatan, dan regulatori yang khusus kepada Nanoteknologi

Kesedaran berhubung pentingnya standard berkaitan nano dalam kalangan pengilang produk berasaskan bahan nano tempatan masih rendah. Kebanyakan pengilang teragak-agak untuk menerima pakai dan menggunakan standard atau sebarang persijilan yang berkaitan dengan andaian bahawa proses pengilangan akan menjadi rumit, kos akan meningkat dan menjadikan produk mereka tidak mampu bersaing dengan produk lain yang lebih murah dalam pasaran. Pengilang juga berpandangan ketidakpatuhan kepada standard akan menjejaskan penerimaan dan penembusan produk dalam

pasaran, dengan demikian manfaat pengkomersialan tidak dapat direalisasikan. Salah faham ini telah menyebabkan penerimaan dan aplikasi standard serta persijilan nanoteknologi yang sangat rendah. Sehubungan itu, Standards Malaysia tidak dapat membangunkan standard berkaitan nano untuk memenuhi kehendak industri.

Pengetahuan berhubung kesihatan dan keselamatan produk-produk berasaskan nano perlu disampaikan kepada pengguna. Keselamatan produk terjamin melalui persijilan produk nano yang mematuhi standard berkaitan nano. Hal ini menunjukkan perlunya pendidikan berhubung kepentingan standard berkaitan nano dalam kalangan pengilang dan pengguna produk nano.

2. Persijilan nanoteknologi yang kurang mantap untuk dimanfaatkan bagi menjana pendapatan negara.

Di Malaysia, program persijilan sedia ada adalah terhad kepada pengesahan kewujudan dan keberkesanan bahan nano dalam produk. Kebimbangan berhubung isu-isu kesihatan, keselamatan, alam sekitar, dan peraturan telah mula menjadi penghalang utama bagi pengkomersialan produk berasaskan nanoteknologi. Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan hanya mensasarkan bahan nano dan aktiviti melibatkan bahan nano di tempat kerja. Hingga kini, tiada Akta yang menangani aktiviti nanoteknologi secara lebih menyeluruh, khususnya bagi standard dan keselamatan. Oleh itu, penekanan perlu diberi kepada pengemaskinian peraturan sedia ada agar turut merangkumi keselamatan kesihatan dan alam sekitar produk-produk nano. Pada masa yang sama, sudah tiba masanya peluang persijilan nanoteknologi dimanfaatkan bagi menjana pendapatan negara.

ISU DAN CABARAN

Isu-isu dan cabaran yang dibangkitkan semasa sesi libat urus anjuran NNC bersama pemegang taruh berkisar kepada isu utama yang turut dinyatakan dalam STI negara. Antaranya, tadbir urus nanoteknologi negara, ekosistem inovasi, dana dan pengkomersialan produk serta perkhidmatan nanoteknologi tempatan.

Ekosistem & Tadbir Urus	Penyelidikan & Pembangunan	Pengkomersialan	Bakat	Standard, Keselamatan & Regulatori	Promosi & Pembudayaan
- Ekosistem tidak berhubung dan tidak menyokong pelaksanaan, pembangunan dan inovasi nanoteknologi. - Tiada satu badan tadbir urus yang jelas bagi menetapkan hala tuju, menyelaraskan dan memantau agenda nanoteknologi negara.	- Tiada bidang keutamaan nanoteknologi yang standard dan strategik pada peringkat kebangsaan untuk memacu hala tuju R&D&C&I negara. - Pengkomersialan R&D dan perolehan teknologi yang rendah kerana kurangnya daya maju komersial, penglibatan industri dalam proses inovasi serta kegagalan memenuhi kehendak pasaran dan industri. - Kurangnya dana yang khusus untuk R&D&C&I untuk memacu agenda nanoteknologi negara. - Kurangnya perkongsian dan pembangunan bagi menyediakan infrastruktur serta fasiliti bertaraf dunia untuk R&D&C&I dalam nanoteknologi. - Kurangnya perkongsian dan kerjasama dalam R&D&C&I pada peringkat tempatan dan antarabangsa serta penglibatan industri.	- Kelemahan dalam ekosistem R&D industri dari aspek tumpuan strategik, rantai antara pemegang taruh utama, budaya perkongsian maklumat, pendidikan teknikal dan ekosistem latihan yang mengehadkan keupayaan mudah suai dan inovatif. - Kurangnya pelaburan dan pemudahcaraan yang jelas untuk usahawan nano dan syarikat terbitan. - Kurangnya produk baharu dalam kedua-dua sektor perkhidmatan dan pembuatan disebabkan kebanyakan industri adalah PKS yang bukan mencari pembaharuan. - Kurangnya permintaan tempatan untuk produk dan perkhidmatan nanoteknologi pada peringkat kebangsaan dan antarabangsa. - Kurangnya platform pemasaran yang strategik untuk menggerakkan penembusan pasaran.	- Bakat S&T yang tidak dirancang dan dibangunkan secara menyeluruh untuk menggerakkan agenda STI telah menjejaskan himpunan bakat serta permintaan dalam nanoteknologi. - Kurangnya pendekatan yang efektif untuk membangunkan dan menarik bakat nanoteknologi.	- Kurangnya kesedaran terhadap standard, keselamatan dan regulatori untuk pengkomersialan. - Persijilan nanoteknologi yang kurang mantap untuk memanfaatkan persijilan sebagai sumber kewangan negara.	Kurangnya penghargaan dan kesedaran dalam nanoteknologi pada semua peringkat masyarakat.

Jadual 9: Rumusan Isu dan Cabaran yang Dibangkitkan dalam Sesi Libat Urus Bersama Pemegang Taruh yang Dianjurkan oleh NNC *Sumber: NNC, 2020*

Secara keseluruhannya, isu-isu dan cabaran utama yang perlu ditangani agar nanoteknologi dapat memacu agenda ekonomi negara menuju tahun 2030 adalah seperti berikut:

1. Ekosistem tidak berhubung dan tiada satu badan tadbir urus yang jelas bagi menetapkan hala tuju, menyelaraskan dan memantau agenda nanoteknologi negara. Hal ini menampakkan kelemahan sistem tadbir urus dalam mengendalikan sumber sedia ada dengan berkesan dan meningkatkan pulangan pelaburan (ROI).
2. Laluan daripada penyelidikan makmal kepada pengkomersialan yang berjaya masih menjadi satu cabaran disebabkan pelbagai kekangan seperti ketiadaan bidang keutamaan nanoteknologi yang standard, dana yang khusus dan proses yang memantau perkembangan projek sehingga tiba di tangan industri untuk dikomersialkan.
3. Tiada saluran maklumat dalam kalangan pemain utama rantai bekalan. Kebanyakan penyelidikan yang ditaja oleh Kerajaan tidak menarik minat industri untuk dikomersialkan. Teknologi dan produk yang dibangunkan adalah tidak selari dengan kehendak pasaran kerana maklumat analisis serta maklum balas pasaran tidak dikongsikan bersama para penyelidik. Hal ini menyebabkan kebanyakan hasil penyelidikan tidak dapat dikomersialkan dan industri kurang berdaya saing disebabkan penerapan teknologi yang rendah.
4. Isu utama dalam standard, keselamatan dan peraturan ialah kurangnya kesedaran dan hasrat untuk memanfaatkan persijilan nanoteknologi sebagai sumber pendapatan negara.

The background is a dark purple field filled with a grid of small, faint numbers (0-9) in a lighter purple color. A bright, glowing, curved path of light, transitioning from yellow to orange to red, sweeps across the image from the bottom left towards the top right. The path is composed of many small, overlapping circles or dots, creating a sense of motion and energy. The overall aesthetic is futuristic and technological.

BAB 03

DASAR & STRATEGI NANOTEKNOLOGI NEGARA

LATAR BELAKANG DASAR



Dasar & Strategi Nanoteknologi Negara (DSNN) 2021-2030 ialah dokumen strategi jangka panjang yang dirancang untuk memacu agenda ekonomi negara ke arah 2030.

Untuk memenuhi hasrat ini, ekosistem nanoteknologi yang dinamik akan dibentuk untuk memastikan semua segmen tadbir urus, institusi penyelidikan, universiti dan industri dapat memanfaatkannya dan meneroka potensi mereka dalam bidang nanoteknologi.

KENYATAAN DASAR



'Malaysia: Membentuk
Negara Berteknologi
Tinggi 2030'



VISI



Nanoteknologi:
Membentuk Negara
Berteknologi Tinggi 2030

MISI



Nanoteknologi mengarusperdanakan kehidupan seharian. Nanoteknologi sebagai pemerdaya dalam pelbagai disiplin bidang untuk menyokong teknologi berasaskan luas untuk mencapai penggunaan besar-besaran menjelang 2030.



Nanoteknologi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan persekitaran.



Nanoteknologi untuk pembangunan sains, teknologi, industri dan ekonomi negara yang mampan.

OBJEKTIF DASAR



Untuk mengupayakan pembangunan antara sektor dan kelestariannya melalui nanoteknologi.



Untuk meningkatkan sumbangan ekonomi nanoteknologi melalui aktiviti penyelidikan, pembangunan, bakat dan pengkomersialan khusus.



Untuk memudahkan pertumbuhan industri nanoteknologi tempatan melalui program dan pelan tindakan tertentu.



Untuk membangunkan kerangka keselamatan dan peraturan yang komprehensif untuk pembangunan nanoteknologi.

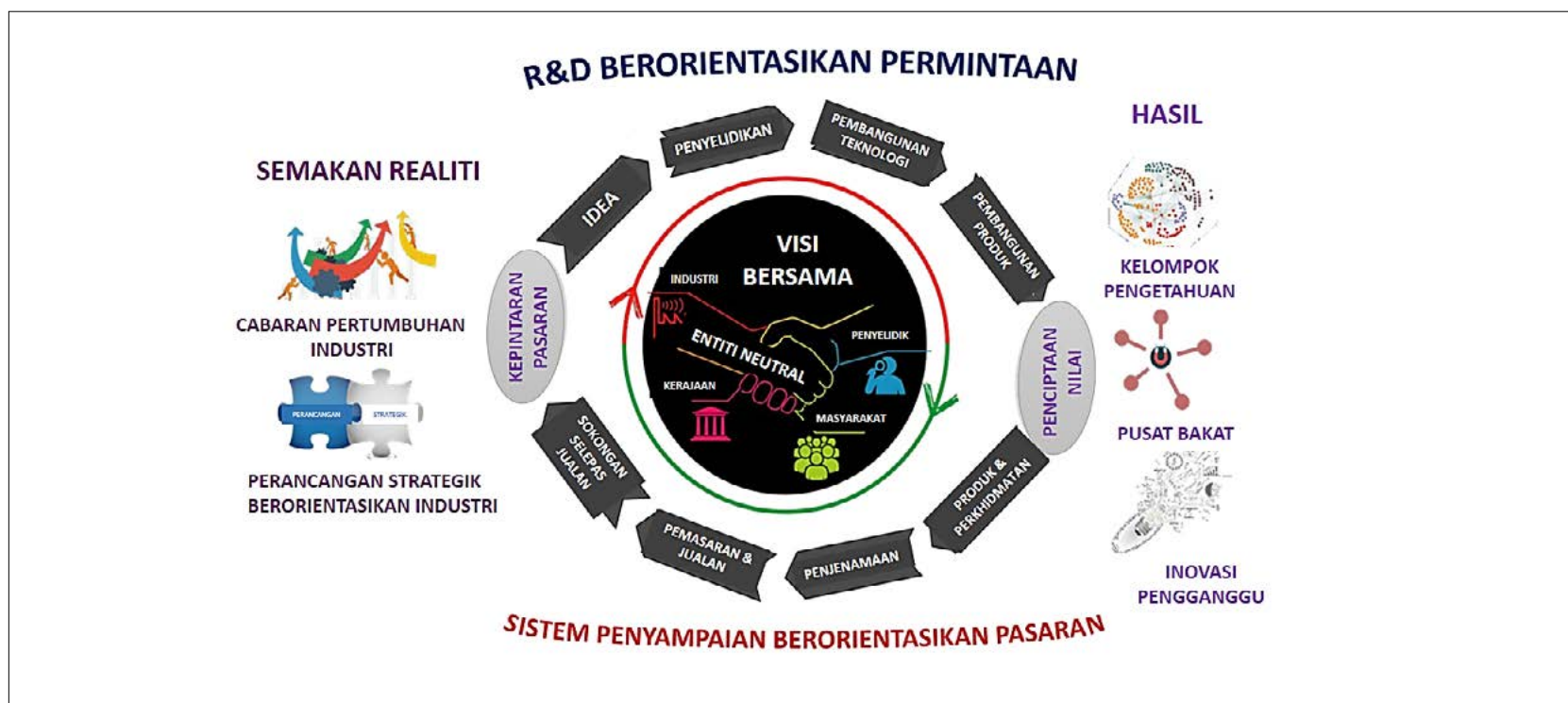
DASAR DAN STRATEGI

DSNN 2021-2030 menggariskan empat (4) teras strategik dan 15 strategi bagi menetapkan arah strategik dan memperkukuh nanoteknologi negara.

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Strategi 1.1 - Memupuk dan membangunkan satu ekosistem inovasi nanoteknologi yang saling berhubung dan kondusif

Keupayaan menginovasi dan menyumbang kepada penciptaan nilai melalui ekosistem nanoteknologi yang mantap merupakan petunjuk utama daya saing negara dan akan tampil dengan lebih menonjol pada dekad yang akan datang. Nanoteknologi berpotensi untuk melonjakkan status sosio-ekonomi kerana bertindak sebagai pemerdaya bagi pembangunan antara sektor dan kelestarian negara. Oleh hal yang demikian, mustahak untuk kita menentukan dan memperkukuh peranan yang boleh dimainkan oleh nanoteknologi dalam pembangunan sosioekonomi. Untuk kecapaian ini, kerjasama, perkongsian, dan jaringan ialah mekanisme yang kuat untuk berkongsi kepakaran dan strategi. Maka, terdapat keperluan untuk mengenal pasti dan merancang semula ekosistem nanoteknologi yang lengkap dengan melaksanakan strategi rangkaian/jaringan kerjasama (Rajah 31).



Sumber: ASM, 2017a
Rajah 31: Rangkaian Kerjasama

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Rangkaian Kerjasama ialah sejenis perikatan beberapa organisasi *quadruple helix* yang pada dasarnya bebas, tersebar secara geografi dan heterogen dari segi persekitaran operasi, budaya, modal sosial dan keutamaan mereka, tetapi akan bekerjasama untuk membantu mencapai tujuan bersama atau serasi. Perlu ada rangkaian kerjasama yang jelas untuk berkhidmat kepada pasaran membangun dan memperluas jangkauan global.

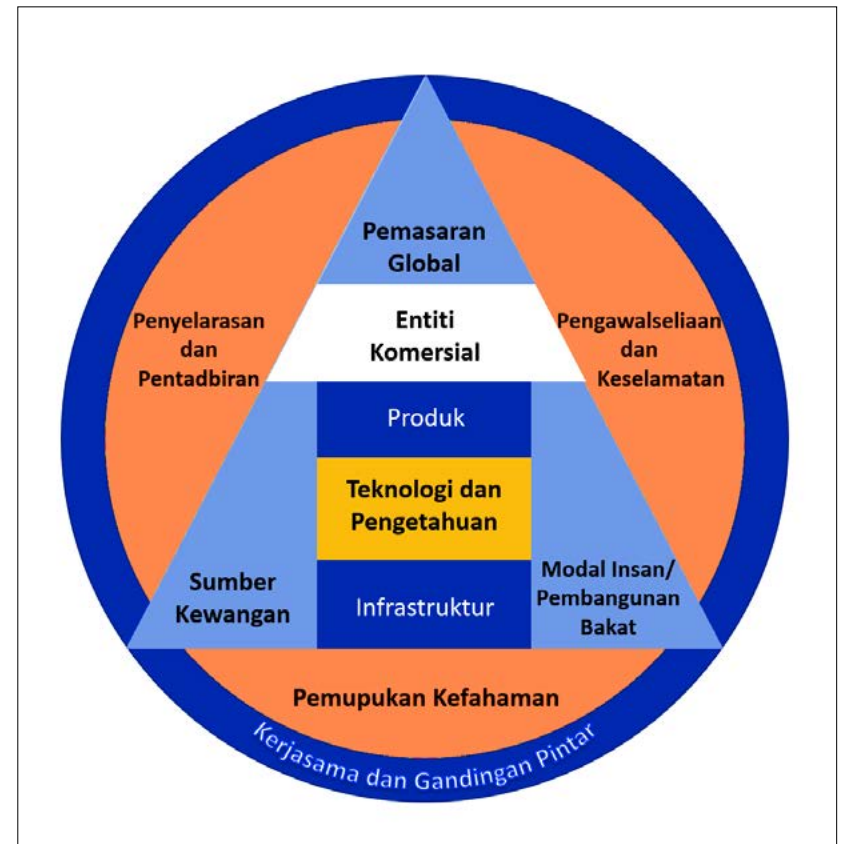
Teras rangkaian kerjasama ialah nilai bersama yang membentuk ekosistem yang kondusif untuk inovasi pengganggu. Pemacu yang merupakan pelaku industri dan penyelidik akan dihubungkan dengan pemerdaya dalam kalangan badan regulatori kerajaan, institusi pengajian tinggi dan masyarakat awam untuk memangkinkan genesis idea yang membawa kepada inovasi pengganggu pada kadar langkah yang sangat dinamik.

Jaringan kerjasama ini akan memungkinkan maklumat pasaran serta pengetahuan nanoteknologi diterapkan secara kreatif untuk merealisasikan nilai dan menghasilkan produk dan perkhidmatan yang unik dan berbeza. Kerjasama ini juga akan membolehkan pembahagian risiko sekali gus menurunkan risiko dan halangan yang dihadapi oleh setiap pemain. Hal ini juga mengurangkan keengganan untuk mengambil bahagian dalam inisiatif inovatif dan menjadikannya lebih mudah untuk memasuki pasaran global baharu.

Interaksi yang dipimpin oleh industri yang dinamik dan didorong oleh masyarakat akan mewujudkan kelompok pengetahuan dan pusat bakat. Malaysia bukan sahaja dapat mewujudkan permintaan untuk pekerja tempatan berkemahiran tinggi dan berpengetahuan tetapi juga dapat memanfaatkan bakat di seluruh rantau ini. Mengumpulkan bakat yang tepat adalah sangat penting untuk merealisasikan potensi penuh rangkaian kerjasama.

Jaringan kerjasama ini akan membolehkan Malaysia merealisasikan R&D yang didorong oleh permintaan secara berkesan dan menawarkan cadangan nilai yang dipertingkatkan kepada pelanggan berdasarkan kecerdasan pasaran yang didorong oleh data. Jaringan kerjasama ini juga akan membolehkan industri Malaysia mengintegrasikan pengetahuan berasaskan nano dalam produk dan perkhidmatan mereka, menjadikan Malaysia sebagai pusat pengetahuan, dan menarik bakat global ke dalam ekosistem inovasi kita.

Pusat ini akhirnya akan mempunyai keupayaan untuk memacu idea kreatif menjadi inovasi yang berguna dengan pantas. Tatkala jaringan kerjasama menyatukan pemain daripada R&D dan pasaran, dua aktiviti saling memperkuat akan terjalin. Komuniti R&D membawa penciptaan nilai yang dibawa ke pasaran sebagai produk dan perkhidmatan berasaskan pengetahuan bernilai tinggi, sementara kecerdasan pasaran daripada pemain pasaran memberi ruang kepada komuniti R&D untuk menjadikan R&D didorong oleh permintaan.



Rajah 32: Komponen Ekosistem Nanoteknologi Kebangsaan

Ekosistem lestari mandiri dirumuskan untuk mengekalkan inovasi dan pertumbuhan. Setiap elemen yang dikenal pasti diharapkan dapat melengkapi antara satu sama lain. Sinergi ini adalah kritikal untuk memajukan nanoteknologi dan negara dalam menghadapi persekitaran global yang sangat mencabar.

Langkah seterusnya adalah menyusun unsur-unsur ekosistem menjadi rangkaian pelan tindakan yang tersusun dan menguruskan dinamika interaktifnya.

Ekosistem Nanoteknologi Kebangsaan menyepadukan pelbagai komponen untuk pertumbuhan yang optimum. Oleh itu, untuk membangunkan industri secara bersepadu, kita harus memahami peranan setiap komponen dalam ekosistem seperti yang ditunjukkan pada Rajah 32.

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Pemasaran Global

Malaysia mesti memasarkan syarikat, produk, penyelesaian, dan kemampuannya secara global untuk memastikan penyebaran risiko dan aliran pendapatan yang optimum. Pada satu tahap, kita boleh meniru strategi pemasaran global yang digunakan oleh MPOB (minyak sawit) dan PETRONAS (minyak dan gas), dan menyesuaikannya untuk mempromosikan nanoteknologi. Malaysia boleh menjadi pemimpin global dalam nanoteknologi hijau dengan memanfaatkan kepelbagaian biodiversiti dan industri perladangan yang besar. Hal ini harus dilengkapi dengan teknologi daripada sektor tradisi yang kukuh seperti elektronik, ICT dan perkhidmatan. Oleh itu, teknologi Malaysia mesti sinonim dengan produk dan perkhidmatan nanoteknologi hijau yang premium.

Entiti Komersial

Kita memerlukan entiti komersial yang akan menyokong matlamat nanoteknologi global kita. Perkara ini akan menjadikan syarikat baharu terwujud melalui pelbagai inisiatif seperti:

- Program Pembangunan Usahawan Nanoteknologi
- Program Pelaburan GLC
- Program Pelaburan MNC

Program-program ini akhirnya akan memastikan bahawa produk nanoteknologi yang tepat dikembangkan dan dikomersialkan oleh syarikat sama ada yang berpusat di Malaysia atau dimiliki oleh rakyat Malaysia.

Produk

Pembangunan, pengkomersialan dan pemasaran produk nanoteknologi khusus harus disokong oleh kemampuan R&D yang terbukti dalam sektor utama seperti:

- Pertanian dan Makanan
- Tenaga dan Alam
- Peranti Elektronik dan Sistem
- Kesejahteraan, Perubatan dan Penjagaan Kesihatan

Kejayaan agenda nanoteknologi kebangsaan akan bergantung pada momentum awal dan sektor-sektor ini bersedia untuk menyediakannya.

Teknologi dan Pengetahuan

Produk nano mesti dihasilkan sama ada daripada teknologi yang dikembangkan secara tempatan (konsep *make-some*) atau melalui pemerolehan strategik (pendekatan *buy-some*). Untuk menterjemahkan hal ini menjadi kenyataan, dua inisiatif utama diperlukan:

- Program R&D Nanoteknologi Kebangsaan dan
- Program Pemerolehan Nanoteknologi

Kedua-dua inisiatif ini mengimbangkan keperluan wajib yang strategik dan keperluan untuk mengembangkan produk dan teknologi tempatan dalam waktu sesingkat yang mungkin.

Infrastruktur

Kemudahan nanoteknologi tempatan dan makmal yang menjalankan aktiviti R&D perlu sepadan dengan fasiliti yang terbaik di dunia kerana hal ini akan menentukan kejayaan produk, industri dan pasaran Malaysia. Maka, Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan telah dipilih sebagai platform utama bagi menjalankan penyelidikan terkini dan bernilai tinggi mengenai nanoteknologi di Malaysia. Universiti, institusi penyelidikan dan industri akan menjadi pemain utama dalam menjalankan aktiviti R&D.

Modal Insan/ Pembangunan Bakat

Sebagai bidang yang didorong oleh pengetahuan, sangatlah penting untuk membuat pelaburan terhadap kakitangan yang berkelayakan serta membangunkan program latihan dan pendidikan dalam bidang nanoteknologi. Pakar nanoteknologi perlu menjadi pencipta dan juga penerima teknologi baharu. Perkara ini memerlukan peralihan paradigma. Kepakaran tempatan kita berkemungkinan perlu membina jaringan dengan rakan sejawat asing melalui pelbagai insentif berasaskan teknologi untuk mengekalkan tahap daya saing global.

Sumber Kewangan

Sumber kewangan yang mencukupi akan mengekalkan momentum pertumbuhan sektor nanoteknologi. Sumber kewangan amat diperlukan khususnya untuk:

- Pembiayaan R&D (untuk R&D dan infrastruktur)
- Pelaburan (untuk pembangunan komersial)
- Pentadbiran (perancangan, penyelarasan, pengawasan, pematuhan peraturan, kesihatan dan keselamatan)

Maka diusulkan pewujudan hubungan secara langsung dan pelibatan badan penyelarasan nanoteknologi dengan Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC), yang ketika ini dikendalikan oleh kerajaan bertujuan untuk memastikan pembiayaan strategik dan mampan untuk nanoteknologi di Malaysia dalam R&D dan juga pengkomersialan.

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Penyelarasan dan Pentadbiran

Pihak pentadbir, penyelaras, pemantau dan penguat kuasa negara yang kukuh diperlukan untuk memimpin pembangunan nanoteknologi di Malaysia. Perkara ini harus diperkasakan dengan kuasa perundangan dan dasar untuk mengembangkan sektor yang kompetitif dan berdaya tahan. Tujuan ini mesti dibiayai secukupnya untuk membolehkan transformasi strategik seperti yang diperlukan Malaysia.

Pengawalseliaan dan Keselamatan

Nanoteknologi ialah bidang yang melibatkan zarah, struktur dan sistem yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar. Tidak dapat dielakkan bahawa terdapat banyak isu melibatkan kesihatan, keselamatan dan alam sekitar yang akan dikaitkan dengan penggunaan bahan nano. Pemain dan kakitangan industri mesti dilatih, diperakui dan dipantau untuk memastikan bahawa isu keselamatan dan kesihatan dapat ditangani secara komprehensif. Oleh itu, Rangka Kerja Pengurusan Kesihatan, Keselamatan dan Persekitaran yang komprehensif mesti dibentuk dengan kuasa penuh undang-undang dan penguatkuasaan.

Pemupukan Kefahaman

Terdapat keperluan untuk memberikan kesedaran umum mengenai nanoteknologi untuk mengoptimumkan faedahnya. Hal ini akan membolehkan rakyat Malaysia menghargai nanoteknologi sebagai:

- Realiti seharian
- Sektor perniagaan
- Pilihan kerjaya
- Sains asas
- Teknologi berevolusi/berkembang/berubah ansur
- Penyelesaian selamat kepada cabaran sosioekonomi

Mesej ini perlu disampaikan secara berkesinambungan melalui rancangan penghayatan, agar rakyat Malaysia dapat menggunakan teknologi nano seperti yang telah mereka lakukan dengan ICT.

Kerjasama dan Perkongsian/ Gandingan Pintar

Perkongsian Pintar memberikan hasil menang-menang untuk nanoteknologi. Hampir setiap rancangan induk nanoteknologi negara menyokong kerjasama dan perkongsian rentas sektor dan rentas sempadan secara bersepadu. Perkara ini memenuhi agenda nanoteknologi negara dan perkembangan industri nanoteknologi dengan cara yang paling cepat dan paling menjimatkan.

Akhir sekali, dengan berkembangnya pengetahuan dan kepakaran tempatan, hal ini akan menyokong inovasi tempatan untuk mendepani keutamaan negara dan akhirnya membolehkan Malaysia bersaing secara global dari segi daya komersial dan saintifik. Seperti yang telah diketahui, inovasi memerlukan usaha sama, idea/ilham, pelaksanaan dan penciptaan nilai. Oleh itu, jaringan kerjasama antara kerajaan, ahli akademik, industri dan masyarakat awam perlu dilaksanakan untuk membangunkan dan mempromosikan inovasi tempatan yang bernilai tinggi. Perkara ini akan mewujudkan nilai kebersamaan bagi pihak berkepentingan untuk memberikan pulangan pelaburan ekonomi dan sosial sehingga menjadikan Malaysia sebagai salah satu destinasi pilihan untuk inovasi berkaitan nanoteknologi.

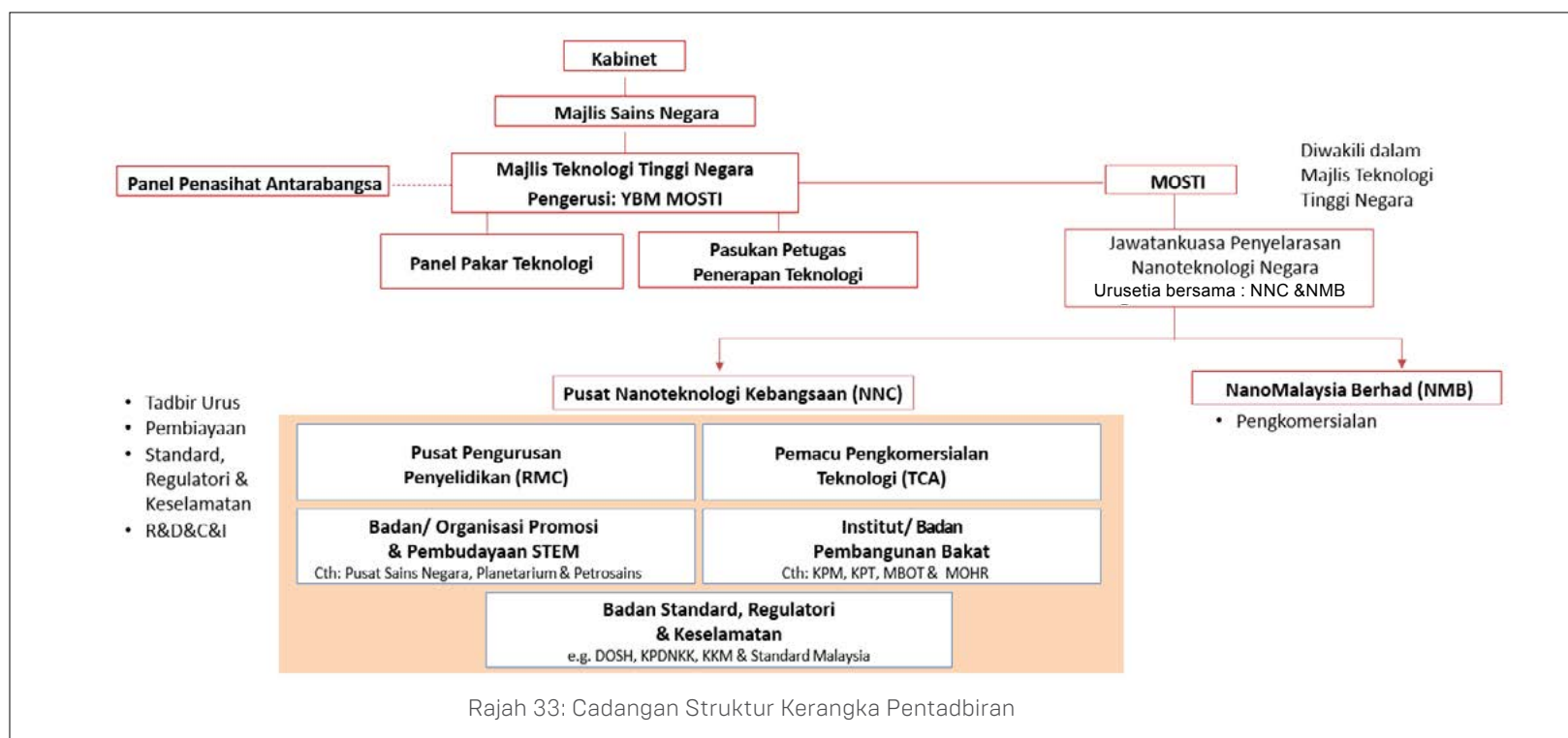
Strategi 1.2 - Merangka dan mengukuhkan tadbir urus nanoteknologi negara

Ekosistem Nanoteknologi Negara dapat diperkukuh melalui penginstitusian struktur tadbir urus nanoteknologi, yang meliputi aspek perundangan, peringkat kementerian, badan penyelaras dan penyokong serta pelaksana R&D dengan merumuskan dan membentuk pemerintahan nanoteknologi negara.

Lanskap nanoteknologi adalah kompleks dan merangkumi pelbagai entiti awam dan swasta. Lanskap yang rumit ini memerlukan penyusunan semula unit-unit nanoteknologi utama untuk penyelarasan, pemantauan dan penilaian yang lebih baik. Semua pihak di seluruh ekosistem nanoteknologi negara mestilah bekerjasama dalam rangkaian kerjasama. Kerangka institusi yang mantap akan membolehkan tadbir urus nanoteknologi menjadi cekap. Mekanisme pemantauan dan penilaian yang jelas dapat menghapuskan jurang, penduaan dan elemen usang/lapuk dalam lanskap nanoteknologi negara. Dengan memperkenalkan sokongan perundangan dalam struktur tersebut dapat mencitrakan komitmen berterusan kerajaan. Akhirnya, tadbir urus nanoteknologi yang berkesan menjadikan ekosistem nanoteknologi dinamik dan perkasa.

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Bagi memiliki arah strategik nasional yang jelas dan menyeluruh untuk nanoteknologi dengan tindakan bersepadu di seluruh kementerian, agensi, industri dan masyarakat, terdapat keperluan mendesak untuk penyusunan semula struktur tadbir urus nanoteknologi pada masa ini. Kita harus memperkasakan badan penyelarasan dan pemantauan nanoteknologi berpusat yang akan menerajui semua kementerian untuk mewujudkan penyertaan pihak berkepentingan yang lebih besar, pelaksanaan secara bersepadu, pembuatan keputusan berdasarkan bukti serta pemantauan dan penilaian nanoteknologi pada peringkat kebangsaan. Diusulkan kerangka tadbir urus sepertimana yang diperincikan dalam Rajah 33.



Rajah 33: Cadangan Struktur Kerangka Pentadbiran

Majlis Sains Negara (NSC)

NSC akan dipengerusikan oleh YAB Perdana Menteri Malaysia dan Bahagian Data Strategik dan Penghematan Teknologi (DSF), MOSTI sebagai sekretariat/urus setia. Fungsi NSC adalah untuk menetapkan arah dasar sains, teknologi dan inovasi dalam strategi pembangunan negara.

Majlis Teknologi Tinggi Negara

Majlis ini akan dipengerusikan oleh YB Menteri MOSTI sementara DSF, MOSTI dan Akademi Sains Malaysia (ASM) akan menjadi urus setia. Fungsi Majlis Teknologi Tinggi Negara adalah untuk memberikan arah strategik ke atas perkembangan teknologi semasa dan masa hadapan yang berpotensi untuk dikembangkan di Malaysia.

Bidang rujukan untuk majlis tersebut adalah seperti di bawah:

1. Untuk memberikan arah strategik mengenai perkembangan/pembangunan teknologi semasa dan masa hadapan yang berpotensi untuk dikembangkan di Malaysia.
2. Menyelaraskan perancangan dan perkembangan/pembangunan aplikasi teknologi tempatan sesuai dengan bidang khusus STIE berdasarkan Rangka Kerja 10-10 MySTIE.
3. Memberikan khidmat nasihat berkaitan kelayakan, kesesuaian, kebolehgunaan, keselamatan dan pelaburan teknologi kepada Majlis Sains Negara.
4. Untuk mendorong kerjasama dalam pembangunan teknologi pada peringkat kebangsaan.

Akan ada wakil-wakil nanoteknologi dalam Majlis Teknologi Tinggi Negara. Akses secara langsung kepada kerajaan pusat dan perwakilan dalam Majlis Teknologi Tinggi Negara (majlis negara) adalah penting dalam meletakkan nanoteknologi sebagai pemerdaya untuk faedah sosioekonomi dan enjin pertumbuhan semua sektor teknologi di negara ini.

TERAS STRATEGIK 1: MEMPERKUKUHKAN EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

Panel Penasihat Antarabangsa

Fungsi Panel Penasihat Antarabangsa adalah untuk memberikan nasihat berkaitan dengan strategi teknologi dan kemunculan teknologi baharu berdasarkan perkembangan global.

Panel Pakar Teknologi

Panel Pakar Teknologi akan dipengerusikan oleh KSU MOSTI dengan TKSU (P) MOSTI sebagai ketua bersama. Panel urus setia tersebut ialah DSF, MOSTI dan ASM. Panel ini akan mengenal pasti perkembangan teknologi masa hadapan yang berpotensi untuk dikembangkan di Malaysia.

Pasukan Petugas Penerapan Teknologi

Pasukan Petugas akan dipengerusikan oleh KSU MOSTI. Urus setia Pasukan Petugas ialah Bahagian Teknologi dan Aplikasi S&T Strategik, (TSA) MOSTI dan Kumpulan Industri-Kerajaan Malaysia untuk Teknologi Tinggi (MIGHT). Pasukan Petugas ini akan menyelaraskan perancangan dan pembangunan aplikasi teknologi tempatan sesuai mengikut Rangka Kerja 10-10 MySTIE.

Jawatankuasa Penyelarasan Nanoteknologi Negara

Jawatankuasa Penyelarasan Nanoteknologi Negara akan bertindak sebagai badan pusat untuk penyelarasan dan pemantauan nanoteknologi. Peranan yang dimainkan oleh Badan ini akan merentas beberapa kementerian bagi mewujudkan penyertaan menyeluruh pihak-pihak berkepentingan melalui pelaksanaan serta pemantauan bersepadu pada peringkat kebangsaan. Jawatankuasa ini akan dipengerusikan oleh NNC dan NMB. Jawatankuasa ini juga akan diwakili oleh *quadruple helix* yang terdiri daripada ahli akademik, industri, masyarakat awam dan kerajaan.

Pusat Nanoteknologi Kebangsaan (NNC)

NNC akan menyelaras dan mengurus pembangunan nanoteknologi negara. Antara lain, NNC berperanan untuk:

1. Membangunkan dan memperkuat keupayaan dan kemampuan negara melalui pembangunan dan pelaksanaan dasar, infrastruktur sokongan dan kemudahan fizikal; selari dengan pendidikan awal dalam bidang nanosains dalam usaha pembangunan modal insan;
2. Merancang, menyelaras dan memantau aktiviti penyelidikan, pembangunan dan pengkomersialan di Malaysia untuk menyokong aspirasi strategik kerajaan;
3. Merancang, menyelaras dan memantau aktiviti yang menyumbang kepada pengembangan industri berasaskan nanoteknologi sebagai sumber pertumbuhan ekonomi,
4. Memudahkan kedudukan pemain industri dan produk berkaitan nanoteknologi Malaysia berada dalam bekalan dan rantai nilai global; dan
5. Berpandangan jauh untuk mengenal pasti perkembangan penting dalam nanoteknologi masa hadapan.

NanoMalaysia Berhad (NMB)

NMB ialah agensi kerajaan yang bertindak sebagai entiti perniagaan yang diberikan mandat dengan aktiviti pengkomersialan dan pembangunan industri nanoteknologi. Melalui model pembangun usahanya, NMB membentuk perhubungan/pusat industri, akademik, institusi penyelidikan dan masyarakat untuk bersama-sama membangunkan dan mengkomersialkan penyelesaian nanoteknologi yang berdaya maju dalam bentuk produk dan perkhidmatan yang disokong oleh penciptaan ekosistem yang relevan. Dengan berpandangan jauh, NMB akan bekerjasama erat dengan NNC untuk menghubungkan R&D asas dan gunaan dengan permintaan pasaran dan masyarakat.

Berkuat kuasa pada 9 Julai 2020, NanoMalaysia Berhad diberi mandat mengikut Perintah Menteri-Menteri Kerajaan Persekutuan [No. 3] 2020 untuk:

- Bertindak sebagai entiti perniagaan yang diamanahkan untuk fokus kepada pengkomersialan dan pembangunan nanoteknologi.
- Merancang dan menyelaraskan pengkomersialan R&D nanoteknologi dalam bidang berimpak tinggi yang ditumpukan seperti elektrik dan elektronik, makanan dan pertanian, tenaga dan alam, dan kesihatan dan perubatan.
- Merancang dan mengurus aktiviti yang menyumbang kepada pembangunan industri berasaskan nanoteknologi.
- Mewujudkan strategi kedudukan industri nanoteknologi Malaysia dalam bekalan dan rangkaian nilai global.
- Memudahkan pelaburan dalam pengkomersialan nanoteknologi.
- Memudahkan pembangunan modal insan (saintis dan jurutera, penyelidik dan profesional) dalam industri nanoteknologi.

TERAS STRATEGIK 2: MEMAKMURKAN PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D)

Strategi 2.1 - Mengenal pasti dan menyelaraskan bidang keutamaan nanoteknologi berdasarkan bidang keutamaan dan tujahan negara untuk memacu serta menyokong pembangunan sosioekonomi dan meningkatkan daya saing negara

Malaysia memerlukan pelaburan yang strategik dalam sains, penyelidikan dan inovasi. Ketiadaan bidang keutamaan dalam penyelidikan berkaitan nanoteknologi telah menyebabkan negara tidak mempunyai hala tuju perbelanjaan penyelidikan, merencatkan rundingan usaha jangka masa panjang bagi pembiayaan tersasar dan gagal merangsang pembangunan sumber manusia. Sistem penyelidikan dan inovasi negara mesti bersandarkan empat (4) unsur berikut: fokus – keutamaan – sasaran – carta perbatuan. Dengan adanya bidang keutamaan yang jelas, sektor sains dan inovasi akan berkembang untuk menyokong pembangunan sosioekonomi negara dan meningkatkan daya saing global.

Sehubungan dengan itu, negara perlu merangka bidang keutamaan nanoteknologi yang strategik dan sejajar dengan bidang tumpuan negara melalui pendekatan yang menyeluruh. Rajah 34 menunjukkan empat sektor utama yang telah dikenal pasti untuk 'melonjakkan' nanoteknologi di Malaysia:

- (1) Makanan & Pertanian;
- (2) Tenaga dan Alam Sekitar;
- (3) Peranti Elektronik & Sistem; dan
- (4) Kesejahteraan, Perubatan dan Penjagaan Diri.

Penetapan bidang lonjakan ini terhasil daripada proses rundingan bersama para pemegang taruh yang dapat membantu kerajaan merancang pelaburan dalam bidang sains serta penyelidikan untuk menangani cabaran utama yang dihadapi masyarakat. Matlamat keseluruhannya adalah untuk meningkatkan produktiviti, mencapai pertumbuhan ekonomi yang lestari, dan meningkatkan kesejahteraan dalam negara. Keempat-empat sektor 'Lonjakan' di atas dijangka mampu memenuhi subsektor lain yang tidak kurang pentingnya, seperti penglibatan sektor Perhutanan dan sektor Kepelbagaian Biologi di bawah sektor Tenaga & Alam Sekitar.

Bagi menjalinkan satu sistem inovasi negara yang dinamik, bidang-bidang keutamaan nanoteknologi akan dilaksanakan dan diterapkan merentas semua bidang STI. Pada tahun 2019, satu rangka kerja ekosistem sains, teknologi, inovasi dan ekonomi (STIE) yang dinamakan Rangka Kerja 10-10 MySTIE telah dibangunkan [Rajah 10]. Rangka kerja ini mengintegrasikan 10 penggerak teknologi dan 10 penggerak sosioekonomi untuk meningkatkan keupayaan dinamik (keupayaan penerapan, adaptif dan inovatif) ekonomi Malaysia. Nanoteknologi dikaitkan dengan pelbagai penggerak sosioekonomi dan teknologi dalam Rangka Kerja 10-10 MySTIE yang turut merangkumi empat sektor 'Lonjakan' yang telah dikenal pasti. Rangka kerja dasar STIE yang sistematik dan terfokus adalah penting untuk menggalakkan pembangunan sosioekonomi negara sebagai menjawab persoalan cabaran ekonomi global yang semakin mencabar.

Empat Sektor Lonjakan Nanoteknologi



Makanan & Pertanian

- Dagangan Malaysia bagi industri makanan dan pertanian adalah bernilai RM 157.4 bilion pada 2019 yang terdiri daripada RM 69.6 bilion barangan eksport dan RM 7.786 bilion barangan import.
- Saiz pasaran nanoteknologi bagi makanan dan pertanian dijangka mencecah RM 1.31 bilion pada 2025.



Tenaga & Alam Sekitar

- Dagangan Malaysia bagi tenaga dan alam sekitar adalah bernilai RM 16.33 bilion pada 2019 dengan 66.7% (RM 16.82 bilion) merupakan barangan import.
- Saiz pasaran nanoteknologi bagi tenaga dan alam sekitar dijangka mencecah RM 2.1 bilion pada 2025.



Peranti Elektronik & Sistem

- Peranti elektronik dan sistem di Malaysia adalah bernilai RM 576.9 bilion pada 2019 dengan 60% (RM 346.6 bilion) merupakan barangan eksport.
- Saiz pasaran nanoteknologi bagi peranti dan sistem elektronik dijangka bernilai RM 1.78 bilion pada 2025.



Kesejahteraan, Perubatan & Penjagaan Kesihatan

- Dagangan Malaysia bagi barangan kesihatan dan kesejahteraan adalah bernilai RM 39.9 bilion pada 2019 dengan dagangan import dan eksport yang seimbang.
- Jumlah pasaran aplikasi nanoteknologi dalam kesihatan dan kesejahteraan dijangka mencecah RM 1.93 bilion pada 2025.

Sumber : NanoMalaysia Berhad Strategic Report 2019

Rajah 34: Empat Sektor Lonjakan Nanoteknologi

Dalam tempoh sedekad yang lepas, lanskap R&D Malaysia telah berkembang dengan pesat. Negara telah meletakkan kesungguhan ke arah memajukan aktiviti penyelidikan, pembangunan dan inovasi. Walau bagaimanapun, pihak kerajaan dan industri tidak mampu untuk melabur dalam setiap bidang penyelidikan berkaitan nanoteknologi. Oleh itu, perlu ada strategi dan penyelarasan pembiayaan R&D untuk projek penyelidikan yang sejajar dengan bidang-bidang keutamaan negara bersandarkan Rangka Kerja 10-10 MySTIE.

Rangka Kerja 10-10 MySTIE ialah pengintegrasian 10 penggerak utama sosioekonomi Malaysia dengan 10 penggerak utama bidang sains dan teknologi global yang dijangka mengikut kekuatan dan kehendak negara. Rangka Kerja ini menyediakan pendekatan yang sistematik untuk mengubah dan membentuk Malaysia menuju ke arah ekonomi yang berteraskan pengetahuan. Pendekatan ini bertujuan untuk bersama-sama membangunkan kemakmuran ekonomi merentas pelbagai ekosistem dalam negara dan mengangkat Malaysia dalam rantai nilai inovasi global. Rangka Kerja ini akan memacu sektor utama ekonomi menjadi lebih berteraskan pengetahuan dan inovasi. Hal ini akan mempertingkatkan daya saing dan kelestarian industri di Malaysia. Rangka Kerja ini dibangunkan untuk mempertingkatkan kualiti hidup rakyat.

Penjajaran pembiayaan R&D nanoteknologi dengan bidang-bidang tertentu bukan sahaja akan memudahkan pemindahan teknologi dan produk baharu kepada industri, malah akan mempertingkatkan daya saing yang diperlukan untuk mengangkat nanoteknologi sebagai enjin pertumbuhan

ekonomi yang baharu. Oleh itu, hala tuju pelaburan strategik dalam bidang keutamaan haruslah ke arah penjanaaan dapatan yang memberi kesan ketara. Perkara ini termasuklah pembiayaan untuk menyokong penyelidikan asas, gunaan, eksperimental dan pengkomersialan. Menurut Science and Technology Foresight 2050: Emerging Science, Engineering & Technology terbitan by ASM pada 2017, lima (5) teknologi termuncul utama dalam bidang nanoteknologi ialah Nanobahan, Sel Fotovoltan, Nanosensor IoT, Sistem Penyampaian Drug berasaskan Nano, dan Sel Bahan Api.

Turut menjadi isu dalam lanskap STI negara ialah kepelbagaian pemain dan agensi pembiayaan yang kini bersaing sesama sendiri. Akibatnya ialah kecairan pembiayaan dan sumber. Dengan ini dicadangkan agar NNC dibenarkan menyelaraskan dana untuk penyelidikan berkaitan nanoteknologi dalam bidang-bidang strategik bersama-sama dengan Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC) dalam memacu agenda nanoteknologi negara.

Penetapan keutamaan penyelidikan nanoteknologi adalah amat penting untuk memperkemas aktiviti penyelidikan, merapatkan jurang pengetahuan, dan memaksimumkan sumber dalam negara. Sehubungan dengan itu, salah satu inisiatif adalah dengan menyediakan sumber dana yang stabil, khusus untuk bidang keutamaan R&D dengan peruntukan daripada kerajaan serta sumber alternatif. Seperti yang telah dibincangkan sebelum ini, pelaburan haruslah fokus dan bersasar dalam memastikan negara mampu meningkatkan daya saing pada peringkat serantau dan global serta mencapai ekonomi RM 3 trilion dalam tempoh 2030-2032.

TERAS STRATEGIK 2: MEMAKMURKAN PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D)

Strategi 2.2 - Merangsang R&D nanoteknologi dan mempromosi usaha sama dalam penyelidikan bagi menjana output bernilai tinggi, keberhasilan berimpak tinggi dan berinovasi

Secara umum, nanoteknologi merupakan satu domain teknologi yang menjanjikan peluang perniagaan dalam pelbagai industri, khususnya mengikut konteks cabaran dimensi masyarakat berhubung dengan tenaga diperbaharui, alam sekitar, makanan, kesejahteraan dan penjagaan kesihatan. Penglibatan aktif kumpulan penyelidik dalam R&D nanoteknologi di Malaysia terus menunjukkan peningkatan dan kebanyakannya daripada kalangan sektor kerajaan dan institusi pengajian tinggi. Namun, dunia kini berubah dengan pantas seiring cabaran pada abad ke-21 yang turut berhadapan dengan krisis ekonomi global dan teknologi pengganggu (disruptive technology). Oleh yang demikian, satu proses yang menyeluruh dalam merencanakan R&D dapat mempersiapkan negara menghadapi pasaran yang tidak menentu. Kesedaran ini akan turut membantu negara memanfaatkan peluang pada masa hadapan dan meringankan pendedahan terhadap risiko.

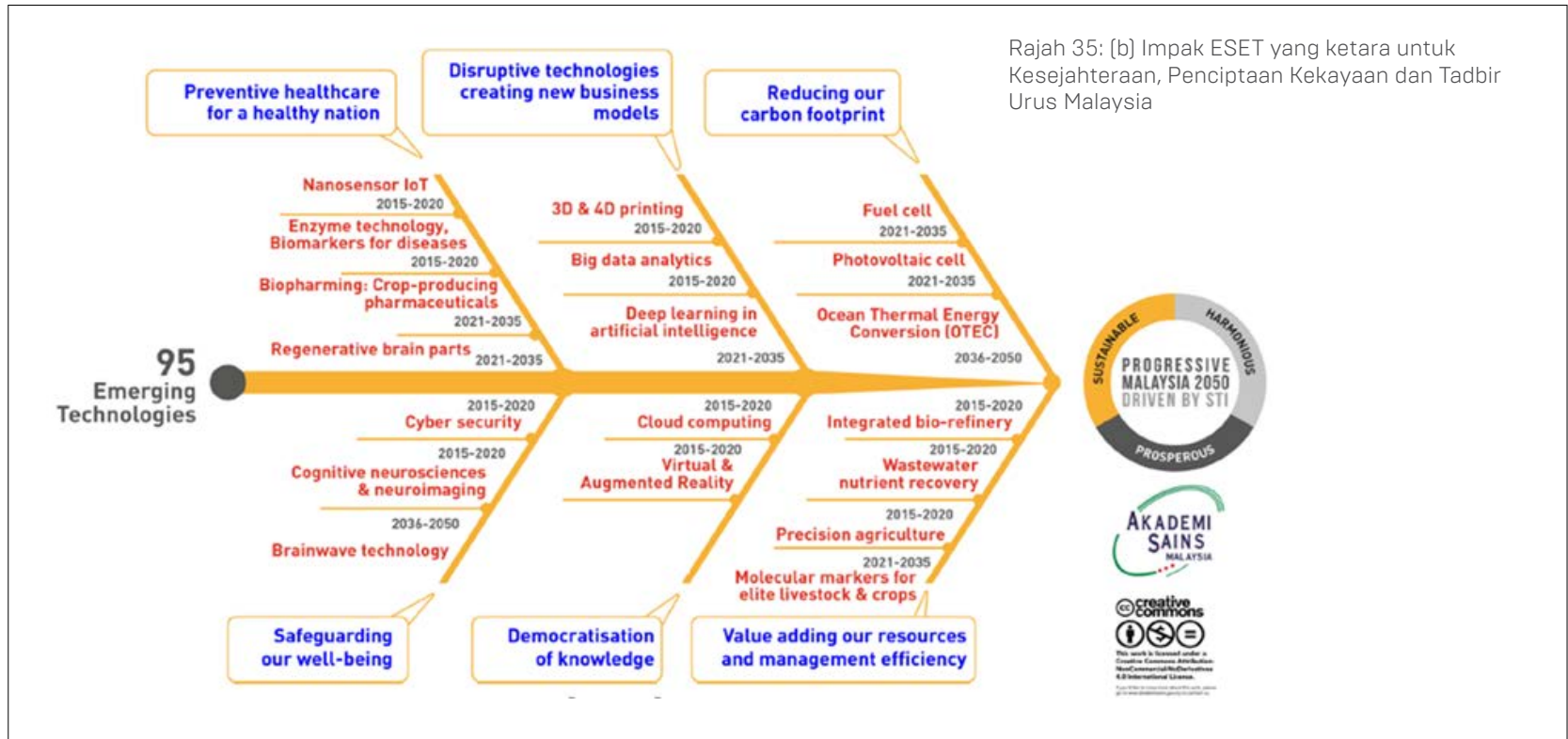
Seperti yang telah dibincangkan dalam Bab 2, peratus yang rendah bagi dana pembangunan eksperimental dalam negara jelas memberi kesan kepada keupayaan menterjemah hasil R&D dalam pasaran. Akibatnya, hanya sebahagian kecil hasil penyelidikan dapat dibangunkan menjadi produk atau perkhidmatan dalam pasaran. Perkara ini dapat dielakkan dengan menambah nilai peruntukan yang khusus untuk pembangunan eksperimental dan menggalakkan lebih banyak usaha sama antara universiti serta industri ke arah penyelidikan mengikut permintaan

pasaran. ASM telah memberi tumpuan kepada agenda Malaysia 2050 melalui kompendium kajian-kajian strategik sejak tahun 2009, iaitu kajian Emerging Science, Engineering and Technology (ESET). Hasil utama kajian ini ialah Garis Masa Teknologi Termuncul di Malaysia menuju 2050 yang memperlihatkan sebanyak 95 teknologi termuncul bertepatan dengan kemahiran STI masa hadapan, pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di Malaysia [Rajah 35(a)]. Seperti yang dapat dilihat dalam rajah berkenaan, nanoteknologi yang diwakili warna jingga merangkumi sebahagian besar pelan hala tuju dalam tempoh 35 tahun (2015-2050). Garis masa teknologi turut mengukuhkan pandangan bahawa lebih banyak penumpuan teknologi akan berlaku pada masa hadapan. Malah pada hari ini, kemajuan teknologi banyak disumbangkan melalui platform pelbagai disiplin. Contohnya, nanobahan berasas sensor dengan peningkatan kepekaan dan kekhususan telah diintegrasikan dengan teknologi digital bagi menghasilkan pemantauan alam sekitar pada skala nano yang dikenali sebagai rangkaian debu pintar (smart dust). Hasil utama kedua dalam Kajian S&T Masa Hadapan, seperti dalam Rajah 35(b) ialah tetulang teknologi yang merangkumi 21 Teknologi Termuncul Berimpak yang akan merealisasikan enam dapatan jangkaan ke arah Malaysia Progresif 2050 yang harmoni, makmur dan lestari. Tidak dapat dinafikan bahawa nanoteknologi memainkan peranan yang penting dalam setiap langkah untuk meningkatkan kesejahteraan, penciptaan kekayaan dan tadbir urus Malaysia.

95
EMERGING
TECHNOLOGIES



Rajah 35: (a) Garis Masa Teknologi Termuncul di Malaysia menuju 2050



Penerapan rangkaian kerjasama dalam bidang tumpuan yang berpotensi akan membolehkan industri Malaysia cenderung ke arah teknologi berasaskan nano secara inovatif dengan menggunakan teknologi tempatan. Tautan NMB sebagai pemain utama nanoteknologi di Malaysia dengan Pemacu Pengkomersialan Teknologi (TCA), iaitu satu badan berkanun yang akan ditubuhkan oleh MOSTI dengan industri bertindak sebagai ketua, akan membantu kerjasama pengkomersialan. Tumpuan akan diberikan kepada R&D dan sistem penyampaian kepada industri yang akan mengikut permintaan pasaran.

Bagi memastikan kesediaan satu ekosistem inovasi berasaskan pengetahuan yang responsif, pihak-pihak lain seperti penyelidik, kerajaan, dan sektor swasta perlu memainkan peranan masing-masing dalam menjayakan rangkaian usaha sama ini yang akan dikendalikan oleh satu entiti neutral yang dipercayai. Entiti neutral ini, dengan kerjasama pengasas program, perlu mempunyai pengetahuan yang kukuh berhubung lanskap dan pemain dalam bidang tumpuan yang dikenal pasti. Faktor utama untuk menggerakkan rangkaian usaha sama ialah memastikan entiti neutral berkenaan tidak mempunyai kepentingan terhadap mana-mana pihak bagi menjamin suasana saling mempercayai.

Mekanisme pembiayaan rangkaian usaha sama ialah melalui padanan dana antara industri dan kerajaan. Industri perlu menyumbang sekurang-kurangnya separuh daripada kos projek. Peruntukan dana sepunya untuk R&D akan memastikan komitmen daripada kedua-dua pihak untuk membiayai R&D mengikut permintaan pasaran dan mempercepatkan pengkomersialan.

Ciri rangkaian usaha sama yang dinamik akan menggalakkan interaksi antara industri dan masyarakat bagi mewujudkan kluster dan tumpuan bakat. Hab seumpama ini akan merangkumi makmal satelit, pembelajaran di kilang dan platform perkongsian data yang bersepadu.

Malaysia bukan sahaja dapat mewujudkan permintaan bagi tenaga kerja yang mahir dan berpengetahuan, tetapi turut dapat menarik bakat di rantau ini. Penyediaan satu kumpulan bakat yang bersesuaian adalah penting untuk merealisasikan keupayaan sebenar rangkaian usaha sama. Manfaat rangkaian usaha sama tiada batasnya. Pendekatan seumpama ini akan membolehkan industri di Malaysia menawarkan produk dan perkhidmatan yang memenuhi kehendak pasaran melalui kualiti pengisian pengetahuan berasaskan nanoteknologi.

TERAS STRATEGIK 2: MEMAKMURKAN PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D)

Strategi 2.3 - Menggalakkan perkongsian dan menambah baik fasiliti serta infrastruktur R&D sedia ada ke arah menyediakan fasiliti bertaraf dunia

Infrastruktur penyelidikan adalah komponen penting bagi menghasilkan penyelidikan berkualiti. Terma ini terangkum dalam kepelbagaian peralatan, fasiliti makmal, sumber, pangkalan data, superkomputer dan perkakasan lain yang digunakan oleh ahli sains untuk menjalankan kajian dan penyampaian inovasi dalam bidang masing-masing. Hari ini, perkongsian sumber awam R&D telah menjadi amat penting disebabkan kos peralatan dan fasiliti canggih yang semakin meningkat untuk penyelidikan nanoteknologi serta pencirian bahan nano. Pelbagai inisiatif perlu dirangka untuk mempercepat penyelidikan dan inovasi nanoteknologi agar hasil galakan perkongsian infrastruktur penyelidikan dapat dimanfaatkan bersama.

Salah satu inisiatif yang dibangunkan ialah Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan yang diselaraskan oleh NNC, seperti yang ditunjukkan pada Rajah 16. Matlamat utama rangkaian ini ialah untuk memanfaatkan infrastruktur penyelidikan serta fasiliti makmal sedia ada bagi menyokong ekosistem dan seterusnya meningkatkan keupayaan penyelidikan negara untuk menjuarai STI yang didorong nanoteknologi. Rangkaian ini menyediakan peluang penyelidikan untuk ahli sains yang berlatar-belakangkan pelbagai disiplin dan sektor (contohnya ahli akademik, industri dan institut penyelidikan) agar bersama-sama menjayakan projek penyelidikan termaju dalam menangani isu keutamaan negara dan global. Penyelidikan seumpama ini dapat meningkatkan kemajuan pengetahuan di samping menggalakkan kerjasama ke arah peralihan hasil penyelidikan asas kepada produk dan perkhidmatan yang sedia dipasarkan.

NNC akan meneraju, menyelaras dan memantau segala inisiatif bidang nanoteknologi negara. Peranan utama NNC termasuklah:

1. Menyediakan makmal dan kemudahan nanoteknologi bertaraf dunia bagi aktiviti R&D dan pra-pengkomersialan;
2. Membangunkan keupayaan teras bagi kemajuan nanoteknologi; dan
3. Menyediakan kepakaran pembangunan teknologi dan rundingan teknikal untuk menyokong pengkomersialan produk-produk nanoteknologi dan industri berasaskan nanoteknologi.

Matlamat utama NNC ialah:

1. Memposisikan Malaysia sebagai hab ilmu dan aplikasi nanoteknologi;
2. Mempromosi aktiviti pengkomersialan oleh syarikat tempatan; dan
3. Menjalinkan usaha sama dengan pihak berkuasa dalam bidang pendidikan dan pembangunan kepakaran serta penyelidikan.

Program RMNK akan bertindak sebagai platform untuk memangkinkan usaha sama dalam kalangan universiti serta institusi penyelidikan melibatkan infrastruktur dan keupayaan penyelidikan yang sedia ada. Program ini diharapkan dapat memudahkan dan menyokong penyelidikan serta pengkomersialan khususnya bagi pengujian dan pembangunan produk. Program ini juga dijangka dapat menyumbang kepada pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan bilangan usahawan yang melahirkan firma-firma baharu berasaskan nanoteknologi.

Strategi 2.4 - Membangunkan bakat yang cekap dan mudah suai dalam bidang nanoteknologi melalui pembelajaran STEM dengan komponen nanoteknologi bersepadu yang menyeronokkan serta berkesan

Salah satu komponen penting dalam perancangan strategik nanoteknologi adalah untuk memastikan kumpulan bakat nanoteknologi yang mahir dapat meningkatkan lagi perkembangan saintifik, teknologi negara dan antarabangsa yang kian kompetitif pada masa ini.

Data permintaan dan penawaran bakat nanoteknologi juga dapat membantu dalam membuat keputusan dan perancangan strategik yang berkaitan dengan tenaga kerja masa depan negara. Di Malaysia, penawaran bakat nanoteknologi dapat diukur menggunakan manual National Education Code (NEC) oleh Kementerian Pendidikan. Data tentang kerjaya mengikut pekerjaan berada di bawah bidang kuasa Kementerian Sumber Manusia menggunakan Piawai Pengelasan Pekerjaan Malaysia (MASCO). Senarai MASCO ini juga mengikuti Klasifikasi Pekerjaan Standard Antarabangsa (ISCO) yang telah ditetapkan oleh Organisasi Buruh Antarabangsa. Menurut data sedia ada, pekerjaan yang lebih tertumpu kepada sesuatu bidang tugas dan menggunakan pelbagai jenis kepakaran adalah diutamakan daripada pendidikan secara formal. Namun begitu, perkara yang dinyatakan di dalam manual NEC adalah berdasarkan kelayakan dan ini memerlukan penjajaran lebih lanjut dengan senarai MASCO. Pengumpulan data yang teratur mengenai permintaan dan penawaran bakat dan pekerjaan nanoteknologi di negara ini amatlah penting. Hal ini bagi memastikan analisis yang lebih komprehensif dan perancangan strategik dapat dilakukan. Oleh sebab itu, data yang lengkap dan dipercayai mampu memadankan penawaran, permintaan dan juga memungkinkan unjuran strategik kuantiti dan kualiti bakat nanoteknologi berserta set kemahiran yang diperlukan pada masa depan.

Ketika Malaysia sedang memasuki Industri 4.0, keperluan tenaga mahir nanoteknologi akan meningkat secara mendadak, seiring dengan tuntutan pengembangan bakat yang dilengkapi dengan kemahiran baharu seperti pengaturcaraan keselamatan siber dan sains data yang amat diperlukan bagi memenuhi keperluan perkembangan industri. Pendekatan bersepadu untuk perancangan bakat nanoteknologi juga perlu dilakukan dengan baik di bawah naungan entiti tadbir urus yang mampu bertindak dengan perspektif yang lebih strategik. Pada masa yang sama, pemetaan lengkap

pekerjaan nanoteknologi, perincian deskripsi pekerjaan, kelayakan yang berkaitan, kecekapan dan kemahiran teknikal, serta pakej imbuhan akan membantu meningkatkan kesedaran tentang peluang kerjaya yang berkaitan dengan nano. Oleh itu, perancangan nasional secara berpusat untuk bakat nanoteknologi sangat penting untuk menentukan laluan kemajuan bakat nanoteknologi dalam penyelidikan dan pembangunan.

Di samping itu, pendidikan STI perlu menyediakan pelajar dengan pelbagai laluan pekerjaan dan kemajuan ekonomi masa depan. Hal ini amatlah penting agar pelajar diberi asas yang kukuh dalam STEM agar mereka dapat membuat keputusan yang tepat tentang perjalanan masa depan mereka.



Sumber: ASM Science Outlook 2015
 Rajah 36: Rantai Nilai Bakat STEM

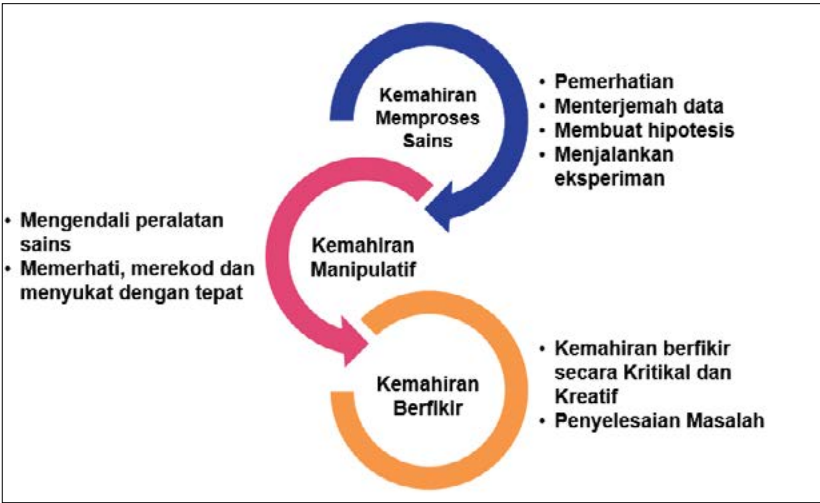
Walau bagaimanapun, terdapat laporan tentang penurunan trend kecenderungan umum dari segi penyertaan pelajar dalam mata pelajaran STEM dan kerajaan prihatin terhadap kekurangan minat dalam mata pelajaran ini. Statistik menunjukkan peratusan pelajar dalam STEM menunjukkan peningkatan dari tahun 2001 sehingga 2016 tetapi telah menurun semula pada tahun 2017 (Jadual 10). Dua sebab utama berlakunya perkara ini adalah kerana pelajar merasakan subjek STEM adalah sukar dan bersifat teori. Oleh itu, adalah penting untuk mempromosikan dan memupuk kemahiran berfikir secara kritis dalam kalangan pelajar bagi meningkatkan penguasaan dan prestasi mereka dalam STEM.

	STEM (%)	Bukan-STEM (%)
Sasaran	60.00	40.00
1986	31.00	69.00
1993	20.00	80.00
2001	29.00	71.00
2014	46.33	53.67
2016	47.82	52.18
2017	45.74	54.26

Jadual 10: Bilangan Pelajar Tingkatan 4 dan 5 dalam Aliran STEM dan Bukan STEM di Sekolah Kerajaan

Sumber: Analsis oleh ASM, 2017 daripada pelbagai laporan statistic McE

Penerapan pemikiran kritis kepada pelajar akan memberi pendedahan kepada individu berkenaan tentang program pengembangan pembelajaran yang berkesan melalui pedagogi yang sesuai. Melalui ini, guru dan pelatih harus memainkan peranan penting mereka. Mereka harus melakukan yang terbaik untuk menjadikan pengajaran dan pembelajaran STEM lebih menyeronokkan, bereksperimental dan berkesan dari peringkat prasekolah sehingga peringkat pengajian tinggi. Cara ini mampu meningkatkan kualiti pengajaran secara keseluruhan melalui latihan dan pengembangan profesional secara berterusan untuk guru-guru STEM. Ibu bapa dan kaunselor sekolah juga harus memainkan peranan penting dalam membentuk kehidupan pelajar malah insentif akan ditawarkan untuk meyakinkan ibu bapa bagi mendorong anak-anak mereka mengikuti pembelajaran STEM.



Sumber: ASM, 2012
 Rajah 37: Kemahiran Pendidikan Sains Berasaskan Inkuiri (IBSE)

TERAS STRATEGIK 2: MEMAKMURKAN PENYELIDIKAN & PEMBANGUNAN (R&D)

Strategi 2.5 - Meningkatkan keberkesanan program *outreach* nanoteknologi dan sains komunikasi



Kerajaan Malaysia yakin bahawa rakyat yang mempunyai perasaan ingin tahu dan bermaklumat sangat penting agar Malaysia mampu menjadi negara berpendapatan tinggi dan berteknologi tinggi. MOSTI secara berterusan giat mempromosikan STI melalui aktiviti di seluruh negara seperti National Innovation & Creative Economy Expo, Minggu Sains Negara dan menyediakan pelbagai dana yang membantu mengubah idea menjadi produk dan perkhidmatan. Penganjuran program nanoteknologi yang berkesan akan membantu untuk meningkatkan lagi pengetahuan dan maklumat mengenai nanoteknologi.

Terdapat juga pelbagai program STI yang dilaksanakan oleh pelbagai kementerian, agensi dan pemegang taruh. Bagi memantapkan lagi komitmen aktiviti dan program promosi nanoteknologi untuk semua lapisan masyarakat, tinjauan berkala inisiatif nanoteknologi oleh wakil empat penjurur (kerajaan, akademik, industri dan masyarakat) harus dilakukan bagi memastikan keberkesanannya. Pengukuhan penyelarasan, pemantauan dan penilaian bukan sahaja membantu integrasi, tetapi juga menggabungkan kekuatan untuk memberikan hasil yang nyata dan berkesan dalam jangka masa panjang. Oleh itu, semua program nanoteknologi diselaraskan dan memanfaatkan platform pengkulturan STI sedia ada untuk impak yang lebih tinggi seperti program kerjasama dengan Pusat Sains Negara.

Komunikasi sains juga penting untuk menyebarkan pengetahuan kepada khalayak ramai. Penggunaan media massa akan meningkatkan kesedaran dan penghargaan masyarakat terhadap nanoteknologi sekali gus mengembangkan kandungan nanoteknologi dalam media massa. Oleh itu, komunikasi bidang nanoteknologi yang berkesan akan dapat difahami oleh saintis dan masyarakat umum.

Berita mengenai nanoteknologi dapat membantu menjadikan nanoteknologi sebagai sebahagian daripada kehidupan seharian orang ramai dan ini akan memperjelas perkaitan dan penerapan nanoteknologi dalam kehidupan kita. Guru juga harus menggunakan berita berkaitan nanoteknologi untuk menggambarkan konsep ilmiah tertentu atau untuk menengahkan isu sosiosains bagi meningkatkan lagi pemikiran kritis pelajar. Media massa juga boleh digunakan untuk mempromosikan nanoteknologi dan membantu orang ramai membuat keputusan yang lebih tepat.

Oleh itu, dicadangkan platform komunikasi sains sedia ada dapat dimanfaatkan untuk bidang nanoteknologi seperti platform yang terdapat di Pusat Media Sains.

TERAS STRATEGI 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN MEMACU INDUSTRI

Strategi 3.1 – Peralihan ke arah industri yang bernilai tambah dan berteknologi tinggi yang dapat memacu pertumbuhan ekonomi melalui nanoteknologi

Saiz pasaran global bagi Revolusi Industri Keempat (4IR) akan berkembang secara pesat dari 2021 hingga 2025. Nilai hasil pasaran global ialah USD 87 bilion pada tahun 2019 dan dijangka tumbuh pada kadar CAGR 32.1% sepanjang tempoh 2020-2025.

Nanoteknologi dan bahan termaju berasaskan nanoteknologi telah dikenal pasti sebagai pemerdaya utama dalam semua bidang teknologi 4IR. Namun, penerapan nanoteknologi adalah bersifat kompleks dan memerlukan penyelidikan, pembangunan, pengkomersialan serta strategi industri yang pelbagai disiplin bidang dan komprehensif. Pendekatan dalam nanoteknologi turut memerlukan pelibatan kerajaan, industri, ahli akademik dan orang awam.

Peranan dan fungsi semua pihak adalah seperti berikut:

Peranan	Bukan-STEM (%)
Kerajaan	• Penggubal dasar • Penyelaras • Dana pemangkin
Industri	• Pembangunan produk • Penerima teknologi • Aset, infrastruktur dan jaringan • Pengilang • Mewujudkan peluang pekerjaan
Institut Pendidikan/ Penyelidikan	• Pembangunan teknologi asas dan gunaan • Pengujian • Pembangunan bakat
Orang awam	• Pengguna teknologi • Penerima produk, perkhidmatan dan teknologi • Himpunan bakat

Kemunculan bidang nanoteknologi di Malaysia memerlukan langkah mitigasi risiko yang signifikan agar industri bersedia dengan penerapan nanoteknologi dalam produk dan perniagaan masing-masing. Tanpa campur tangan kerajaan, kadar penerimaan nanoteknologi dalam kalangan pihak industri tidak akan mampu meletakkan Malaysia secara strategik dalam kemunculan bekalan global 4IR. Sehubungan dengan itu, NMB diwujudkan sebagai entiti perniagaan dan agensi kerajaan di bawah MOSTI, sebagai penghubung antara kerajaan, industri, ahli akademik dan masyarakat bagi membolehkan seluruh ekosistem nanoteknologi berkembang, mewujudkan hasil dan peluang pekerjaan.

Pengalaman mengatur strategi *quadruple helix* telah menampakkan hasil yang positif dalam penerapan nanoteknologi dalam produk, penyelesaian dan perkhidmatan. Pendekatan ini pastinya akan diteruskan sebaik sahaja dasar ini mula dilaksanakan.

Melalui program pengkomersialan nanoteknologi seperti Pelan Tindakan Graphene Kebangsaan dan iNanovation oleh NMB, Perusahaan Kecil dan Sederhana, akan ditawarkan peluang, maklumat dan keupayaan untuk beralih serta menerima nanoteknologi dalam produk dan perkhidmatan masing-masing. Dunia akan berubah seiring dengan 4IR dan PKS akan bersedia meningkatkan daya saing pada peringkat tempatan dan dalam lingkungan rangkaian bekalan serta nilai global.

Bagi mempercepatkan keluasan jangkauan kesan daripada perubahan di atas, dasar ini mesti menangani isu pengukuhan bakat dan keupayaan penyelidikan awam dan swasta di universiti, institusi penyelidikan dan fungsi inovasi dalaman dalam kalangan industri. Komponen hulu ini penting agar hak milik intelektual yang mempunyai nilai ekonomi dapat diteruskan. Dengan bimbingan NMB, kerjasama komersial antara pihak akademik dan industri mampu menawarkan rangsangan tambahan yang diperlukan untuk melonjakkan Malaysia ke hadapan dalam perlumbaan 4IR di rantau ini.

Dasar ini akan mengetengahkan pembangunan model inovasi yang diperincikan dalam Rajah 15.

TERAS STRATEGI 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN MEMACU INDUSTRI

NNC dan NMB adalah dua entiti utama yang memberi tumpuan kepada R&D&C&I nanoteknologi di Malaysia dengan ekosistem berbentuk kerjasama mengikut spektrum Technology Readiness Level (TRL). Sebahagian besar inovasi nanoteknologi adalah mengikut dua kategori:

1. **Tolakan** – apabila inovasi berpunca daripada penyelidikan asas dangunaan yang bermula daripada TRL 1 di universiti serta pusat penyelidikan, dan bergerak menghala TRL 9, dengan kemungkinan inovasi berkenaan berjaya dikomersialkan oleh syarikat spin-off universiti atau syarikat pemula.
2. **Tarikan** – apabila pemain industri seperti syarikat pemula, PKS dan syarikat besar tempatan mencari inovasi yang dapat memacu perniagaan mereka serta mewujudkan permintaan agar inovasi tersebut ditarik daripada TRL yang rendah dan memasuki pasaran.

Rajah 15 menunjukkan bagaimana inovasi diasingkan mengikut dua kategori: [1] penyelidikan dan pembangunan (R&D) dan [2] pengkomersialan dan perindustrian (C&I) di Malaysia.

Dalam konteks nanoteknologi di Malaysia, NNC bertanggungjawab terhadap R&D dan NMB terhadap C&I.

Inisiatif Malaysian Collaborative Network Platform for Disruptive Innovation (i-Connect) ialah satu contoh program yang melaksanakan mekanisme rangkaian kerjasama yang diterajui oleh industri (rangka kerja *quadruple helix*: industri, warga penyelidik, kerajaan dan masyarakat). NMB telah dilantik sebagai salah satu entiti daripada empat [4] sektor strategik, iaitu *Manufacturing: Industry 4.0*.

Objektif kesemua program (contoh i-Connect) adalah untuk meningkatkan inovasi pengganggu (model produk/ perkhidmatan/ perniagaan baharu) dalam sektor-sektor strategik, membangunkan kluster ilmu dan pusat bakat serta membolehkan sistem R&D yang berasaskan permintaan dan penyampaian mengikut kehendak pasaran semata-mata untuk memacu industri di Malaysia ke arah ekonomi yang berasaskan inovasi dan penerokaan pasaran global yang sedang meningkat serta pasaran baru. Pembiayaan R&D berasaskan permintaan oleh para penyelidik dan sumbangan yang dipadankan dengan tajaan daripada industri dalam bentuk wang atau bentuk lain akan memastikan rangkaian kerjasama dapat dicapai ke arah satu ekosistem inovasi yang menyeluruh.

Strategi 3.2 - Mengembangkan rangkaian dan permintaan antarabangsa terhadap produk serta perkhidmatan nanoteknologi Malaysia

Pasaran global bagi produk-produk nanoteknologi bernilai USD 3 trilion pada tahun 2020, dengan pelaburan yang tinggi untuk membangun serta menghasilkan produk dan perkhidmatan berasaskan nanoteknologi. Nanoteknologi membolehkan produk mencapai prestasi dan keupayaan, iaitu ciri-ciri produk bernilai tinggi mengikut kehendak pasaran global.

Kerjasama antara syarikat dan kerajaan di negara-negara luar sedang berkembang secara pesat seiring dengan teknologi dan harta intelek yang diperdagangkan serta dikongsi untuk membangunkan produk baharu dan mengujakan pengguna. Keperluan regulatori pasaran nanoteknologi turut berkembang untuk memastikan keyakinan yang tinggi terhadap keupayaan ekonomi. Kerjasama ini dijayakan dalam pelbagai bentuk:

Platform serantau seperti Nanotechnology Business Creation Initiative (NBCI) dan Asia Nano Forum menawarkan peluang kepada negara anggota dan syarikat-syarikat untuk berkongsi pengalaman serta memulakan projek usaha sama di samping pasaran baharu. NMB menggunakan sepenuhnya peluang ini dan telah berhasil menjalinkan hubungan kerjasama dengan pihak-pihak berikut:

- (i) Innovation Alliance of the Graphene Industry (CGIA);
- (ii) RUSNANO di Russia;
- (iii) NanoCanada;
- (iv) NanoNextNL di Belanda;
- (v) National Graphene Institute di UK;
- (vi) National Nanotechnology Coordination Office di Amerika Syarikat;
- (vii) Nanotech di Indonesia;
- (viii) Nanotech di Thailand, dan lain-lain.

Laluan Malaysia ke pasaran ini membolehkan IKS dan usahawan tempatan mengembangkan perniagaan masing-masing ke luar negara.

Tokyo menganjurkan pameran dan konvensyen tahunan nanoteknologi yang terbesar di dunia, atau lebih dikenali sebagai 'Nano Tech'. Para peserta dapat melihat sendiri perkembangan terkini dalam inovasi nanoteknologi di dunia luar dan membuka peluang kepada usahawan tempatan yang ingin meneroka pasaran global. Penyertaan NMB dalam acara ini dan program lain yang seumpamanya akan diteruskan untuk mempromosikan syarikat, produk dan perkhidmatan nanoteknologi Malaysia.

Pelibatan NMB dalam kumpulan kerja ISO/TC 229 *Nanotechnologies* membolehkan penerapan unsur-unsur standard serta terma-terma berkaitan regulatori yang dapat melicinkan laluan inovasi nanoteknologi tempatan untuk diketengahkan ke pasaran luar.

NANOVerify, satu-satunya program penentusahan dan pensijilan nanoteknologi di Malaysia telah memeterai persefahaman dua hala dengan NanoMark di Taiwan. Pada masa hadapan, usaha sama dua hala seperti di atas akan diteruskan dengan negara Iran, Rusia, Korea Selatan dan UK. Jalanan hubungan antarabangsa seumpama ini dapat melancarkan kemasukan produk dan inovasi nanoteknologi Malaysia dalam pasaran ekonomi negara-negara berkenaan.

Satu aktiviti penting yang perlu diberi tumpuan dalam dasar ini ialah menambah baik penjenamaan serta pasaran inovasi nanoteknologi tempatan menerusi strategi pemasaran dan pendekatan yang bijak.

Amat penting bagi Malaysia untuk menumpukan perhatian kepada penggandakan permintaan terhadap produk nanoteknologi tempatan. Faktor utama untuk menggerakkan permintaan produk dan perkhidmatan nanoteknologi di Malaysia ialah kesedaran dan keyakinan masyarakat. Galakan ini dapat dicapai melalui satu siri sesi keterlibatan yang menyeluruh bersama pemegang taruh berikut:

- Kementerian seperti MITI, KPDNHEP, dan KKM;
- Badan regulatori seperti NPRA dan JAKIM;
- Persatuan industri seperti Persekutuan Pengilang-Pengilang Malaysia (FMM) dan CTFA Malaysia;
- Persatuan pengguna seperti FOMCA dan CAP; dan
- Orang awam.

Matlamat sesi keterlibatan di atas adalah untuk mendidik pemegang taruh yang berkaitan dalam cadangan jualan unik (USP) produk dan proses nanoteknologi apabila dipraktikkan mengikut sektor masing-masing. USP ini tidak asing bagi produk dan proses nanoteknologi yang merangkumi:

- Peningkatan keberkesanan kos, misalnya kos yang rendah bagi setiap aplikasi;
- Fungsian tambahan/ dipertingkatkan, misalnya kekuatan yang lebih tinggi, antikulat, antibakteria; dan
- Prestasi produk yang lebih bagus, misalnya kekonduksian elektrik yang lebih tinggi.

Untuk mengukuhkan keyakinan industri dan pengguna, program pensijilan perlu lebih mantap bagi menentusahkan kesahihan penerapan nanoteknologi dalam produk serta proses berkenaan. Kini, Program NANOVerify di bawah NMB meliputi pensijilan berikut:

- **Pencirian** – penentusahan saiz unsur nano mengikut takrifan ISO/TC 229; dan
- **Kefungsian** – penentusahan ciri mekanikal, permukaan dan elektrik yang dipertingkatkan melalui penerapan bahan nano.

Strategi 3.3 – Menyediakan khidmat pemudahcaraan dan insentif kepada syarikat-syarikat yang menghasilkan produk berasaskan nano

Sokongan kepada Perusahaan Kecil dan Sederhana (PKS) di kawasan strategik melalui peruntukan dana, insentif dan inisiatif kerjasama untuk menerapkan inovasi nanoteknologi ke dalam produk, penyelesaian dan perkhidmatan mereka. Dalam konteks ini, fasiliti seperti pembiayaan dana akan disediakan untuk pembangunan produk, peningkatan dan pensijilan bagi menggalakkan aplikasi penyelidikan, pembangunan, pengeluaran dan pengkomersialan produk nanoteknologi dalam kalangan PKS. Dana yang dicadangkan akan memanfaatkan Program Revolusi NT NanoMalaysia untuk membiayai permulaan aktiviti dan R&D&C&I PKS yang dijalankan di Malaysia. Pembiayaan juga akan diberikan untuk produk asli melalui Program Pensijilan NANOVerify.

Selain itu, insentif cukai untuk syarikat yang menggunakan produk nanoteknologi tempatan akan mencetuskan kesan rantaian yang berlipat ganda pada industri tempatan, sehingga mendorong lebih banyak penggunaan teknologi. Hal ini akan mendorong PKS menjadi lebih proaktif dalam menggunakan insentif yang diberikan oleh Kerajaan untuk mempercepat penggunaan nanoteknologi.

Memanfaatkan insentif sedia ada yang berkaitan dengan STI agar dapat membantu PKS:

- i. Kadar faedah yang lebih rendah untuk pembiayaan kontrak dan peningkatan pengeluaran.
- ii. Insentif cukai eksport untuk produk nanoteknologi Malaysia ke luar negara.
- iii. Insentif cukai bagi PKS yang melabur dengan menggunakan nanoteknologi (R&D, C&I) ke dalam produk, penyelesaian dan perkhidmatan mereka.
- iv. Insentif dan sokongan untuk memasarkan dan mengedarkan produk baharu di dalam negeri dan di pasaran eksport.
- v. Pembiayaan bagi PKS untuk menyediakan nilai wajar IPR berdasarkan nilai pasaran yang sedia ada dan akan datang yang berpotensi untuk menentukan model pelesenan yang merangkumi yuran pelesenan dan royalti.
- vi. Pembiayaan dan insentif untuk produk dan perkhidmatan yang telah disahkan melalui Program NANOVerify.

TERAS STRATEGI 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN MEMACU INDUSTRI

Strategi 3.4 - Mempergiatkan usaha bagi mendapatkan permintaan dan menarik lebih ramai bakat yang berkualiti untuk menyertai tenaga kerja dalam bidang nanoteknologi

Dalam kebanyakan negara maju, pekerja STI yang mahir merangkumi kira-kira 30% daripada jumlah tenaga kerja berbanding 20% dengan latar belakang STEM di Malaysia. Malaysia perlu berdaya usaha dalam menarik lebih ramai tenaga kerja STI yang mempunyai asas bakat yang tinggi dalam STI bertepatan dengan prasyarat utama bagi inovasi. Hal ini adalah penting bagi pakar nanoteknologi kerana nanoteknologi merupakan kunci utama dalam mendorong pertumbuhan Revolusi Industri Keempat (4IR).

Secara amnya, terdapat keperluan laluan kerjaya yang lebih baik termasuk imbuhan untuk menjadikan STI sebagai salah satu pilihan kerjaya yang akan dipilih sekiranya Malaysia ingin menarik dan mencungkil bakat dalam bidang nanoteknologi. Hal ini adalah penting untuk merapatkan jurang bekalan dan permintaan tenaga kerja nanoteknologi bagi mendorong pertumbuhan yang mampan bagi ekosistem nanoteknologi daripada pembangunan bahan yang sangat berfungsi; pembangunan produk bernilai tinggi; aplikasi dan penyelesaian; proses dan pemindahan produk untuk pembuatan dan pengkomersialan; perkhidmatan ujian dan pencirian; dan, pensijilan dan keselamatan produk atau proses. Perkara ini termasuklah dengan cara menambah baik skim bagi penyelidik, saintis, jurutera dan ahli teknologi (RSET), pegawai pemindahan teknologi, pengurus penyelidikan dan pengurus pengkomersialan. Oleh itu, pakej gaji dan imbuhan kompetitif global untuk pakar nanoteknologi adalah sangat penting.

Hal ini juga penting untuk mengukuhkan kerjasama awam dan swasta bagi meningkatkan lagi permintaan pakar nanoteknologi yang mahir. Kerjasama yang dimaksudkan termasuklah dalam pembiayaan biasiswa, latihan praktikal, perantis atau pemindahan pengetahuan dengan industri yang menyokong pelajar muda yang berbakat, penyelidik, ahli teknologi dan bakal usahawan yang bekerja dalam bidang nanoteknologi. Di samping mempunyai pemahaman yang mendalam mengenai teori saintifik dan amalan makmal, graduan perlu menterjemahkan idea mereka ke pasaran. Nanoteknologi menjadi relevan kepada semua sektor industri, pemupukan latihan akademik harus memasukkan pengkhususan dalam program pengajian tinggi yang sedia ada dan tidak berdiri dengan sendiri. Pada masa ini, penyelidik di Malaysia tertumpu di institusi pengajian tinggi dengan memberi tumpuan kepada aktiviti penyelidikan dan pembangunan asas dan guna, berbanding dengan pemindahan teknologi dan pra-pengkomersialan.

Memupuk kemahiran keusahawanan akan membolehkan lebih banyak penyertaan pakar apabila para penyelidik nanoteknologi dan ahli teknologi didorong oleh pasaran dan pengkomersialan inovasi dan pengetahuan mereka melalui penciptaan nilai aplikasi, pemindahan teknologi dan perlesenan IPR. Budaya kreativiti, inovasi dan keusahawanan mendorong pengambilan risiko dan memberi ganjaran kepada idea berdasarkan pasaran. Ketika dunia beralih ke paradigma pengetahuan, lebih banyak kelonggaran kerja akan diperlukan berbanding dengan pekerjaan harian antara 9 pagi hingga 5 petang.

Industri memanfaatkan nanoteknologi sebagai pemerdaya utama juga dapat memainkan peranan aktif dalam memastikan bahawa pelatih dan yang dilatih memahami keperluan industri sehingga kemahiran yang tepat dan pengetahuan terkini dapat disampaikan kepada bakat baharu yang memasuki dunia pekerjaan. Inisiatif ini dapat terus disokong melalui penubuhan persatuan teknikal atau persatuan untuk berkongsi dan meneroka kepakaran tertentu, sehingga pengetahuan dan kepakaran dapat disebarkan kembali ke tempat kerja masing-masing.

Pemaksimuman kumpulan pakar STI sedia ada dan peningkatan kemahiran diperlukan untuk memastikan bakat bertindak balas secara efektif terhadap perubahan dan dapat menyesuaikan diri dengan penggunaan teknologi nano. Hal ini kerana kemahiran untuk tenaga kerja nanoteknologi terus relevan dan terkini untuk penyelidikan, perkembangan dan pengkomersialan. Oleh itu, sangatlah mustahak untuk mengembangkan program *cross-fertilisation* untuk melatih, menyusun semula dan meningkatkan tenaga kerja STI yang ada untuk memberi tumpuan kepada nanoteknologi. Untuk memenuhi keperluan kemahiran khusus industri, program peningkatan kemahiran dan pengisian semula tenaga kerja industri perlu dibuat. Penggubal dasar dalam STI juga tidak boleh ketinggalan untuk mendapatkan latihan lanjut khusus untuk memahami persekitaran dan ekosistem nanoteknologi.

Dalam memastikan bakat nanoteknologi yang tulen dan kompeten dengan pengetahuan yang relevan mengenai penyelidikan dan pembangunan, pengeluaran, proses, pembuatan, keselamatan, peraturan dan undang-undang, perakuan produk tersedia di seluruh ekosistem, pakar nanoteknologi dan ahli teknologi dapat disahkan melalui badan-badan yang sedia ada seperti Malaysian Board of Technologists (MBOT)

Strategi 3.5 - Mengarusutamakan sains komunikasi untuk mempromosi nanoteknologi

Salah satu faktor kejayaan utama untuk mendapatkan penerimaan pasaran tempatan terhadap produk nanoteknologi tempatan adalah strategi komunikasi yang jelas dan ringkas tentang nanoteknologi bagi mengelakkan kerosakan reputasi atau stigma daripada produk substandard yang hanya melabelkan diri mereka sebagai nanoteknologi. Untuk tujuan ini, usaha program NANOVerify semakin berjaya dan perlu terus dimanfaatkan untuk mendidik masyarakat dan industri. Program NANOVerify bukan sahaja mengesahkan keaslian dan prestasi produk di bawah jenama mereka tetapi juga membantu mempromosikan dan mendidik masyarakat mengenai nanoteknologi secara umum.

Komunikasi awam mengenai penyebaran pesat teknologi endogen berkaitan pengubah-permainan pasaran-siap yang dijangka dengan 4IR akan diutamakan melalui penilaian cadangan penjualan unik, penerapan keuntungan ekonomi Malaysia dan ukuran pasaran yang relevan sejajar dengan Kawasan Pertumbuhan Ekonomi Utama dan trend global untuk pelaburan yang dipercepat, perlindungan dan strategi IPR, dan fasilitasi pasaran tembus yang meliputi penyesuaian, pengujian dan sertifikasi.

Platform atau program kebangsaan yang sesuai seperti Program Pengkomersialan Nanoteknologi RMK-12 (REVOLUTioNT) akan diaktifkan dan dimanfaatkan untuk mendorong inisiatif ini untuk memulakan rancangan permainan 4IR Malaysia. Sel bahan bakar penjana hidrogen on-board (FTM) nanoteknologi yang dibangunkan secara tempatan akan

menempatkan Malaysia secara unik dalam Ekonomi Hidrogen global dengan kos penggunaan yang jauh lebih rendah dan sistem pengecasan tanpa wayar jarak jauh (tanpa sentuh) berasaskan Graphene dijangka mengganggu pengguna sektor elektronik, kenderaan elektrik dan pengangkutan massa. Sensor dan alat komunikasi berasaskan nano canggih yang dapat dicetak untuk *Internet of Things* adalah contoh lain daripada inovasi buatan tempatan yang menawarkan kelebihan teknologi dan ekonomi berbanding pertandingan. Industri biojisim bersedia untuk mengalami perubahan revolusioner dengan campur tangan pemangkin zeolit berasaskan nanoteknologi yang dibangunkan secara tempatan untuk penukaran biomas menjadi bahan bakar jet untuk memenuhi permintaan pasaran yang muncul. Industri penerbangan komited untuk mengurangkan pelepasan karbon sebanyak 50% daripada tahun 2005 menjelang tahun 2050. Dijangka biobahan api akan mencapai sekitar 10% permintaan bahan bakar penerbangan pada tahun 2030, dan hampir 20% menjelang tahun 2040.

Perkembangan ini merupakan contoh beberapa kemajuan dan peta jalan yang mesti disatukan dan diketengahkan dalam dasar untuk memastikan bahawa kisah kejayaan disampaikan dengan betul untuk orang ramai dan industri agar terus menerapkan inovasi nanoteknologi. Paling penting, nanoteknologi harus diserlahkan sebagai nilai tambah utama dalam dasar, pelan tindakan, peta jalan dan rancangan tindakan yang relevan untuk terus mengarusperdanakan kelestarian dan transformatif yang terkait dalam semua sektor.



TERAS STRATEGI 4: MEMPERKUKUHKAN STANDARD, KESELAMATAN DAN REGULATORI

Strategi 4.1 - Mempromosi penggunaan standard, data keselamatan dan regulatori dalam kalangan industri bagi meningkatkan nilai produk nanoteknologi

Eksploitasi idea baharu dalam perniagaan amatlah penting bagi memastikan proses, pengenalan produk baharu, penambahbaikan produk dan servis dapat meningkatkan kecekapan dan meningkatkan pulangan. Inovasi melalui reka bentuk merupakan salah satu cara yang mampu membantu menambah nilai pembuatan produk yang diinginkan, boleh digunakan dan boleh dilaksanakan.

Kualiti akan menjadi lebih penting daripada kuantiti. Inovasi produk merupakan salah satu penanda aras kepada sesebuah negara dalam membangunkan produk baharu dan mengintegrasikan teknologi baharu. Produk domestik seharusnya mempunyai kualiti yang tinggi dan mampu menarik minat pasaran domestik dan global. Ini merupakan salah satu cabaran dan dengan menambah baik nilai estetik produk tersebut, kita mampu mengecapi kejayaan dalam memasarkan produk dan servis.

Salah satu cara untuk meningkatkan lagi penggunaan standard, keselamatan dan regulatori adalah dengan membangunkan pangkalan data produk berasaskan bahan nano yang komprehensif. Pangkalan data ini merupakan inventori untuk produk berasaskan bahan nano yang terdapat dalam pasaran tempatan dan juga mengandungi data nanokeselamatan produk-produk tersebut. Data-data saintifik yang terdapat didalam pangkalan data ini mampu membantu menyalurkan maklumat agar dapat melindungi pengguna dan juga alam sekitar. Pangkalan data ini juga akan sentiasa dikemas kini sekiranya terdapat produk nano baharu masuk ke pasaran. Pada jangka masa yang panjang, industri nanoteknologi akan dapat membantu dalam mengemaskini pangkalan data ini dan seterusnya mengembangkan pangkalan ini untuk pasaran ASEAN. Sebagai contoh, Danish Ecological Council and Danish Consumer Council di Denmark telah membangunkan pangkalan data mereka sendiri beserta dengan risiko keselamatan bagi setiap produk nano.

Malaysia seharusnya bergerak ke arah membangunkan standard kebangsaan yang disesuaikan khas untuk industri tempatan Malaysia dan seterusnya melonjakkan lagi produk tempatan berasaskan bahan nano. Standard yang dibangunkan juga boleh dibawa ke peringkat antarabangsa untuk diguna pakai di peringkat global. Bagi menjayakan perancangan ini pihak industri harus bekerjasama dengan pihak yang berkaitan bagi memastikan pembangunan standard dapat direalisasikan.

Penggunaan standard kebiasaannya memerlukan penyertaan secara sukarela dari industri. Oleh itu, pihak industri harus pro aktif dalam penggunaan standard agar dapat dipersembahkan dengan baik dan seterusnya menambah nilai produk mereka. Kesedaran masyarakat dan industri mengenai isu kesihatan, isu keselamatan dan isu alam sekitar berkaitan dengan nanoteknologi amatlah penting bagi memastikan kelestarian produk nano. Oleh sebab itu, kerajaan komited untuk meletakkan Malaysia sebagai salah satu pemain global yang terkenal dan bertanggungjawab dalam bidang nanoteknologi. Kerajaan perlu mendekati skeptis dan juga penyokong nanoteknologi melalui penglibatan bersama pemegang taruh. Hal ini kerana perlunya peningkatan dalam kesedaran dan penyaluran maklumat dalam aspek kesihatan, keselamatan dan regulatori mengenai produk nanoteknologi dan juga aktiviti. Salah satu aktiviti yang penting adalah mengumpul maklumat, menyalurkan maklumat dan keputusan kajian saintifik dalam bidang kesihatan, keselamatan dan standard. Aktivi ini perlu dilakukan secara berterusan dan tidak terhad bagi memupuk pengetahuan masyarakat mengenai nanoteknologi. Aktiviti-aktiviti utama untuk mempromosikan dialog masyarakat dan forum awam dalam Nanotechnology-Health Safety and Environment (HSE) adalah seperti berikut:

1. Menganjurkan dialog dan forum untuk memupuk kesedaran dalam kalangan masyarakat dan pemegang taruh mengenai isu kesihatan, keselamatan dan alam sekitar dalam bidang nanoteknologi;
2. Membangunkan buku panduan mengenai Nanotechnology HSE Risk and Risk Management Process;
3. Kempen kesedaran yang berterusan mengenai penggunaan, penyimpanan, pengedaran dan pembuatan produk dan bahan nanoteknologi;
4. Membangunkan dan menerbitkan bahan maklumat dan bahan pembelajaran untuk memberi maklumat kepada orang ramai dan profesional yang terlibat secara langsung dalam aktiviti nanoteknologi;
5. Menyebarkan maklumat untuk mendidik orang ramai dan pemegang taruh mengenai piawaian peraturan HSE Regulatory Standards melalui perantara media; dan
6. Menggalakkan penyertaan dalam forum antarabangsa dan kerjasama antarabangsa dalam HSE berkaitan nanoteknologi.

Strategi 4.2 – Menyepadukan nanoteknologi dalam regulatori

Nanoteknologi akan membolehkan pelbagai produk dan penyelesaian yang menarik dibangunkan. Ianya akan memainkan peranan yang besar dalam memacu IR4.0. Namun begitu, penemuan teknologi yang baharu selalu akan menimbulkan reaksi pelbagai pihak mengenai kesan sosial, alam sekitar dan kesihatan dan nanoteknologi tidak terkecuali. Hal ini bakal menimbulkan pelbagai risiko yang akan diketengahkan dan perlu dikendalikan apabila pembangunan, komersial dan adaptasi menjadi semakin meluas.

Bagi memastikan Malaysia terus bergerak maju dalam permintaan produk dan perkhidmatan nanoteknologi, industri perlu menerapkan standard, keselamatan dan regulatori dalam aktiviti mereka. Oleh itu, perlu ada akta STI yang relevan bagi memastikan penerapan standard, keselamatan dan regulatori dapat dilaksanakan.

Sebelum mengintegrasikan garis panduan/ standard kedalam regulatori sedia ada, Regulatory Impact Assessment (RIA) perlu dilaksanakan.

Hal ini kerana reaksi pihak industri, pemegang taruh dan juga pengguna perlu diambil kira sebelum garis panduan/ standard diterapkan kedalam regulatori sedia ada. Garis panduan yang sesuai untuk produk nano akan disediakan setelah RIA selesai dijalankan. Pada masa yang sama, garis panduan baharu akan menyusul dan ini akan terus membantu penerapan nanoteknologi kedalam regulatori sedia ada.

Regulatory Impact Assessment (RIA) juga perlu selari dengan akta-akta sedia ada seperti Akta Perlindungan Data Peribadi 2010 [Akta 709], Akta Hak Cipta 1987 [Akta 332] dan Akta Paten 1983 [Akta 291] sebelum sebarang data ataupun maklumat peribadi individu atau organisasi disalurkan kepada umum untuk mengelakkan salah guna maklumat tersebut pada masa akan datang. Selain itu, terdapat juga keperluan pihak regulatori tempatan diberi tempat dalam Jawatankuasa Teknikal dan Jawatankuasa Pemandu untuk memberi nasihat berkenaan kesesuaian perjalanan projek nanokeselamatan dengan Akta dan Peraturan sedia ada seperti Peraturan Kawalan Dadah dan Kosmetik 1984, Akta Makanan 1983, Akta Peranti Perubatan 2012, Peraturan CLASS 2013, Akta Racun Makhluk Perosak 1974, Akta Perlindungan Pengguna 1999 dan Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974.

Informasi berkenaan alam sekitar, kesihatan dan keselamatan bagi bahan nano masih belum mapan. Oleh itu, dana penyelidikan berkaitan nanokeselamatan perlu disediakan dan pembangunan bakat dalam standard, keselamatan dan regulatori juga perlu diketengahkan.

Strategi 4.3 - Menyusun semula strategi pensijilan nanoteknologi untuk menarik lebih banyak permintaan serta nilai tambah produk nanoteknologi

Pensijilan produk nano kebiasaannya melibatkan penglibatan secara sukarela daripada pihak industri. Malaysia perlu merangka semula pensijilan nanoteknologi agar meliputi lebih daripada pengesahan bahan nano dalam produk. Keperluan Kriteria Produk (PCR) adalah penting bagi memastikan setiap produk memenuhi keperluan dan memberikan kaedah standard untuk mengesahkan produk nano tersebut. Oleh sebab itu, pensijilan produk harus diterapkan bersekali bersama PCR dan ini akan mampu meningkatkan lagi nilai produk nanoteknologi. Pensijilan produk nanoteknologi seharusnya selari dengan keperluan standard yang telah ditetapkan oleh NANOVerify (sebagai Authorized Certification Body). Standard sedia ada akan merangkumi, sifat saiz nano, pengujian fungsi dan juga kajian keselamatan. Kerjasama dan peluang pensijilan dalam kalangan ASEAN juga perlu untuk meningkatkan lagi nilai produk nano. RIA mengenai produk nano harus dilakukan sebelum menjadikan pensijilan produk nano wajib kepada pihak industri terutamanya pendaftaran produk.

BAB
04

MELANGKAH KE
HADAPAN

Bab ini memperincikan pelan tindakan DSNN 2021-2030 yang mengandungi inisiatif, perancangan dan sasaran berdasarkan 15 strategi yang telah ditetapkan. Pelan tindakan ini merangkumi komponen utama, daripada pentadbiran dan ekosistem, R&D, pengkomersialan, bakat, standard, keselamatan dan peraturan, kepada aspek kebudayaan yang kesemuanya dirumus khas untuk pembangunan dan kemajuan nanoteknologi yang akan membawa nilai impak tinggi kepada negara.

TERAS STRATEGI 1: MEMPERKUKUH EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

ISU & CABARAN			
1. Ekosistem yang tidak berhubung dalam menyokong keseluruhan ekosistem pelaksanaan, pembangunan dan inovasi nanoteknologi.			
STRATEGI			
1.1 Memupuk dan membangunkan satu ekosistem nanoteknologi dan inovasi yang kondusif dan saling berhubung.			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
1.1.1 Mengenal pasti dan mereka bentuk semula ekosistem nanoteknologi dengan menggunakan strategi rangkaian kolaboratif.	Rangka kerja dan ekosistem nanoteknologi yang lengkap.		
1.1.2 Membentuk dan melaksanakan jaringan kolaboratif dalam industri nanoteknologi yang strategik yang diketuai oleh pihak industri ke arah mengembangkan inovasi tempatan dan bernilai tinggi.	Pembentukan jaringan kolaboratif dalam 4 bidang industri strategik melalui perkongsian strategik. 7 projek kerjasama setiap tahun.	Pembentukan jaringan kolaboratif dalam 2 lagi bidang tambahan industri strategik melalui perkongsian strategik 12 projek kerjasama setiap tahun.	Pembentukan jaringan kolaboratif dalam 2 lagi bidang tambahan industri strategik melalui perkongsian strategik. 16 projek kerjasama setiap tahun.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diterajui oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. Kementerian dan institusi penyelidikan/institusi/organisasi yang berkaitan. ii. NMB iii. FMM	



TERAS STRATEGI 1: MEMPERKUKUH EKOSISTEM DAN TADBIR URUS

ISU & CABARAN			
2. Badan pentadbir dan penyelaras yang tidak jelas dalam menentukan hala tuju, menyelaras dan memantau agenda nanoteknologi kebangsaan.			
STRATEGI			
1.2 Menginstitusi dan mengukuhkan tadbir urus nanoteknologi negara			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
1.2.1 Merangka dan membentuk tadbir urus nanoteknologi kebangsaan.	Merumus dan membentuk tadbir urus nanoteknologi kebangsaan.		
1.2.2 Perwakilan nanoteknologi dalam Majlis Teknologi Tinggi Negara.	Penglibatan 6 wakil nanoteknologi (industri, pakar, NNC & NMB) di dalam Majlis Teknologi Tinggi Negara.		
1.2.3 Memperkasa dan memperkukuhkan NNC dan NMB sebagai badan penyelaras nanoteknologi kebangsaan.	NNC dan NMB akan melaksanakan peranan secara bersama sebagai badan penyelaras nanoteknologi kebangsaan dalam Jawatankuasa Penyelarasan Nanoteknologi Negara.	NNC melaksanakan peranan sebagai Pengerusi Bersama Jawatankuasa Penyelarasan Nanoteknologi Negara dengan perwakilan lengkap berdasarkan <i>quadruple helix</i> .	
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diterajui oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB	

TERAS STRATEGIK 2: MEMAJUKAN PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D)

ISU & CABARAN			
1. Tiada bidang strategik yang standard dan dikhususkan untuk nanoteknologi pada peringkat kebangsaan dalam menentukan hala tuju R&D&C&I dalam negara. 2. Kekurangan dana R&D&C&I khusus untuk nanoteknologi dalam memacu agenda nanoteknologi negara.			
STRATEGI			
2.1 Mengenal pasti dan menjajarkan bidang keutamaan strategik nanoteknologi dengan bidang keutamaan dan tujahan negara untuk memacu dan menyokong pembangunan sosioekonomi dan meningkatkan daya saing negara.			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
2.1.1 Merumuskan bidang keutamaan nanoteknologi yang sejajar dengan bidang keutamaan dan tujahan negara dan bersifat holistik dan merentas bidang.	Penetapan bidang keutamaan nanoteknologi		
2.1.2 Pelaksanaan dan penerapan bidang keutamaan nanoteknologi dalam keseluruhan bidang STI.	Pelaksanaan dan penerapan bidang keutamaan nanoteknologi dalam semua bidang STI. Nanoteknologi tempatan mencapai Kadar Pertumbuhan Tahunan Kompaun (CAGR) sebanyak 10.9% untuk jangkaan tempoh 2020-2025 dan 14.3% menjelang tahun 2030. Produk farmaseutikal dan plastik akan menguasai pasaran Malaysia dengan masing-masing mencatatkan RM 249.46 juta dan RM 234.72 juta menjelang tahun 2025.		
2.1.3 Menubuhkan dana khusus (<i>contestable fund</i>) dalam bidang keutamaan R&D nanoteknologi.	Penubuhan dana khas. Sekurang-kurangnya 10 projek R&D nanoteknologi strategik dibiayai setiap tahun.	Sekurang-kurangnya 10 projek R&D nanoteknologi strategik dibiayai setiap tahun.	
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diterajui oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB ii. Research Management Agency (RMA) iii. Kementerian / institusi penyelidikan / institusi / organisasi yang berkaitan.	

TERAS STRATEGIK 2: MEMAJUKAN PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D)

ISU & CABARAN

- 3. Pengkomersialan R&D dan perolehan teknologi yang rendah kerana kekurangan daya maju komersial, penglibatan industri dalam proses inovasi serta kegagalan memenuhi keperluan pasaran dan industri.
- 4. Kurangnya kerjasama dan kolaborasi dalam R&D&C&I tempatan dan antarabangsa serta bersama industri.

STRATEGI

- 2.2 Merangsang R&D nanoteknologi dan mempromosi usaha sama dalam penyelidikan bagi menjana dapatan yang bernilai tinggi, keberhasilan berimpak tinggi dan berinovasi.

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
2.2.1 Menetapkan dan meningkatkan dana pembangunan eksperimental khusus untuk nanoteknologi	Menetapkan dana pembangunan eksperimental khusus untuk nanoteknologi. 1% dana pembangunan eksperimen khusus untuk rangkaian kolaborasi dalam nanoteknologi setiap tahun daripada keseluruhan pembiayaan R&D.	2% dana pembangunan eksperimen khusus untuk rangkaian kolaborasi dalam nanoteknologi setiap tahun daripada keseluruhan pembiayaan R&D.	3% dana pembangunan eksperimen khusus untuk rangkaian kolaborasi dalam nanoteknologi setiap tahun daripada keseluruhan pembiayaan R&D.
2.2.2 Memantapkan kolaborasi penyelidikan industri-akademia melalui rangkaian kolaboratif.	Penubuhan dan pelaksanaan jaringan kolaboratif dalam empat (4) bidang industri strategik melalui kerjasama strategik dengan entiti neutral di i-Connect.	Penubuhan dan pelaksanaan jaringan kolaboratif dalam dua (2) lagi bidang industri strategik yang lain melalui kerjasama strategik dengan entiti neutral di i-Connect.	Penubuhan dan pelaksanaan jaringan kolaboratif dalam dua (2) lagi bidang industri strategik yang lain melalui kerjasama strategik dengan entiti neutral di i-Connect.

PIHAK YANG TERLIBAT

Diterajui oleh:
i. NNC

- Disokong oleh:
- i. NMB
 - ii. Research Management Agency (RMA)
 - iii. Kementerian / institusi penyelidikan / institusi / organisasi yang berkaitan.

TERAS STRATEGIK 2: MEMAJUKAN PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D)

ISU & CABARAN			
5. Kekurangan perkongsian dan peningkatan kemudahan dan prasarana R&D ke arah kemudahan dan infrastruktur R&D&C&I nanoteknologi bertaraf dunia			
STRATEGI			
2.3 Menggalakkan perkongsian dan menambah baik fasiliti serta infrastruktur R&D sedia ada ke arah menyediakan fasiliti yang bertaraf dunia			
	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
2.3.1 Penubuhan konsortium penyelidikan untuk perkongsian kemudahan dan infrastruktur R&D melalui Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan (RMNK).	Penubuhan Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan (RMNK).		
	Peningkatan 5% penyertaan dalam konsortium RMNK.	Peningkatan 5% penyertaan dalam konsortium RMNK.	Peningkatan 5% penyertaan dalam konsortium RMNK.
2.3.2 Menyusun strategi dan menyelaraskan penambahbaikan kemudahan R&D nanoteknologi sedia ada.	Perancangan penambahbaikan Penambahbaikan ke atas sekurang-kurangnya lima [5] kemudahan R&D nanoteknologi sedia ada.	Penambahbaikan ke atas lima [5] lagi kemudahan R&D nanoteknologi sedia ada.	Penambahbaikan ke atas lima [5] lagi kemudahan R&D nanoteknologi sedia ada.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diterajui oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB ii. Kementerian / institusi penyelidikan / institusi / organisasi yang berkaitan.	

TERAS STRATEGIK 2: MEMAJUKAN PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D)

ISU & CABARAN

- 6. Kelemahan perancangan dan pengembangan bakat S&T yang menyeluruh untuk menggerakkan agenda STI yang juga mempengaruhi kumpulan bakat nanoteknologi dan permintaan yang berkaitan.
- 7. Kekurangan pendekatan yang berkesan dalam mengembangkan dan menarik bakat nanoteknologi.

STRATEGI

- 2.4 Membangunkan bakat yang cekap dan mudah suai dalam bidang nanoteknologi melalui pembelajaran STEM yang mengintegrasikan komponen nanoteknologi yang efektif dan menyeronokkan.

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
2.4.1 Memusatkan perancangan nasional untuk pengembangan bakat nanoteknologi.	Perancangan nasional untuk mengembangkan bakat nanoteknologi.	Pengumpulan data penawaran dan permintaan bakat nanoteknologi yang berstruktur termasuk peluang kerjaya dan pekerjaan. 50% bakat dalam bidang nanoteknologi daripada keseluruhan bakat STI negara menjelang tahun 2030. Sekurang-kurangnya, 44,238 bakat nanoteknologi (pekerja berkemahiran tinggi, separa & tidak mahir) menjelang 2030.	
2.4.2 Mejadikan pengajaran dan pembelajaran STEM dalam nanoteknologi pada peringkat prasekolah hingga peringkat pengajian tinggi menyeronokkan, bersifat eksperimental dan berkesan.	Perancangan kebangsaan nanoteknologi dalam pengajaran dan pembelajaran STEM. Sekurang-kurangnya tiga (3) modul/program khusus nanoteknologi dalam pengajaran dan pembelajaran STEM dibangun dan dilaksanakan.	Penambahbaikan dan pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga (3) modul/program khusus nanoteknologi dalam pengajaran dan pembelajaran STEM.	Penambahbaikan dan pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga (3) modul/program khusus nanoteknologi dalam pengajaran dan pembelajaran STEM.

PIHAK YANG TERLIBAT

Diterajui oleh:

- i. MOSTI
- ii. NNC

Disokong oleh:

- i. Pusat Sains Negara
- ii. Planetarium Negara
- iii. Petrosains
- iv. Lembaga Teknologis Malaysia (MBOT)
- v. Kementerian Pendidikan Malaysia (MOE)
- vi. Kementerian Pengajian Tinggi (MOHE)
- vii. Kementerian Sumber Manusia (MOHR)
- viii. Yayasan Hijau Malaysia
- ix. National STEM Centre
- x. Kementerian dan organisasi lain yang berkaitan

TERAS STRATEGIK 2: MEMAJUKAN PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D)

ISU & CABARAN			
8. Kurang penghargaan dan kesedaran terhadap R&D nanoteknologi pada semua lapisan masyarakat			
STRATEGI			
2.5 Meningkatkan keberkesanan program <i>outreach</i> nanoteknologi dan komunikasi sains			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
2.5.1 Membangun dan menganjurkan program <i>outreach</i> nanoteknologi yang berkesan	Perancangan nasional berkaitan program outreach nanoteknologi. Sekurang-kurangnya lima [5] program strategik <i>outreach</i> nanoteknologi dibangunkan, dilaksana dan dipantau.	Sekurang-kurangnya lima [5] program strategik <i>outreach</i> nanoteknologi dilaksanakan dan dipantau.	Sekurang-kurangnya lima [5] program strategik <i>outreach</i> nanoteknologi dilaksanakan dan dipantau
2.5.2 Membangun dan melaksanakan inisiatif/ program strategik komunikasi sains untuk memberi inspirasi kepada masyarakat mengenai nanoteknologi.	Perancangan nasional berkaitan program komunikasi sains nanoteknologi. Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program strategik komunikasi sains dibangunkan, dilaksana dan dipantau.	Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program strategik komunikasi sains nanoteknologi dilaksanakan dan dipantau.	Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program strategik komunikasi sains nanoteknologi strategik dilaksanakan dan dipantau.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diterajui oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. Pusat Sains Negara ii. Planetarium Negara iii. Petrosains Sdn. Bhd. iv. Pusat STEM Negara v. Science Media Centre vi. Kementerian Pendidikan Malaysia (MOE) vii. Kementerian Pengajian Tinggi (MOHE) viii. Akademi Sains Malaysia (ASM) ix. Kementerian dan organisasi lain yang berkaitan	

TERAS STRATEGIK 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN
KECEMERLANGAN INDUSTRI

ISU & CABARAN

- 1. Ekosistem R&D industri tidak mempunyai fokus strategik, hubungan yang lemah antara pihak berkepentingan utama, budaya perkongsian ilmu yang lesu dan kelemahan dalam ekosistem pendidikan teknikal dan latihan yang membatasi kemampuan mudah suai dan inovatif industri.
- 2. Kurang pelaburan dan fasilitasi untuk para teknousahawan dan syarikat terbitan nano.
- 3. Kurang produk baharu daripada kedua-dua sektor perkhidmatan dan pembuatan kerana majoriti pihak industri ialah Peniaga Kecil dan Sederhana (PKS) yang bukan inovator.

STRATEGI

- 3.1 Peralihan ke arah industri yang bernilai tambah dan berteknologi tinggi yang dapat memacu pertumbuhan ekonomi melalui nanoteknologi

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
3.1.1 Membangun dan melaksanakan perancangan pengkomersialan nanoteknologi nasional yang strategik ke arah industri bernilai tinggi dan berteknologi tinggi.	Perancangan pengkomersialan nanoteknologi nasional yang strategik. Pelaksanaan perancangan pengkomersialan nanoteknologi nasional	Pelaksanaan perancangan pengkomersialan nanoteknologi nasional. Pasaran nanoteknologi Malaysia mencapai RM 640 juta menjelang tahun 2025.	Pelaksanaan perancangan pengkomersialan nanoteknologi nasional. Pasaran nanoteknologi Malaysia mencapai RM 1.25 trilion menjelang tahun 2030.
3.1.2 Meningkatkan pelaburan dan fasilitasi untuk teknousahawan dan syarikat terbitan nano melalui program pengkomersialan nanoteknologi strategik	Peningkatan 1% dalam pelaburan dan fasilitasi teknousahawan dan syarikat terbitan nano melalui program pengkomersialan nanoteknologi strategik.	Peningkatan 2% dalam pelaburan dan fasilitasi teknousahawan dan syarikat terbitan nano melalui program pengkomersialan nanoteknologi strategik. Sebanyak 52 teknousahawan dan syarikat terbitan nano menjelang tahun 2025.	Peningkatan 3% dalam pelaburan dan fasilitasi teknousahawan dan syarikat terbitan nano melalui program pengkomersialan nanoteknologi strategik. Sebanyak 82 teknousahawan dan syarikat terbitan nano menjelang tahun 2030.

PIHAK YANG TERLIBAT

Diketuai oleh:

- i. MOSTI
- ii. NNC

Disokong oleh:

- i. NMB
- ii. Malaysian Global Innovation and Creativity Centre (MaGIC)
- iii. Malaysia Venture Capital Management Berhad (MAVCAP)
- iv. Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI)
- v. Technology Park Malaysia Corporation Sdn. Bhd. (TPM)
- vi. MIMOS Berhad
- vii. Malaysia Automotive Robotics & IoT Institute (MARII)
- viii. Collaborative Research in Engineering, Science and Technology (CREST)
- ix. Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP)
- x. Kementerian, organisasi dan pemain industri lain yang berkaitan.

TERAS STRATEGIK 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN
KECEMERLANGAN INDUSTRI

ISU & CABARAN			
4. Kurang permintaan terhadap produk dan perkhidmatan nanoteknologi Malaysia di peringkat nasional dan antarabangsa.			
STRATEGI			
3.2 Mengembangkan rangkaian dan permintaan antarabangsa terhadap produk serta perkhidmatan nanoteknologi Malaysia			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
3.2.1 Meningkatkan rangkaian dan libat sama nanoteknologi strategik nasional dan antarabangsa untuk pengkomersialan dan perdagangan ke arah meningkatkan permintaan untuk produk nanoteknologi tempatan.	Perancangan rangkaian dan libat sama nanoteknologi nasional untuk pengkomersialan dan perdagangan. Pelaksanaan dan penyertaan sekurang-kurangnya lima [5] program dan rangkaian kerjasama dan libat sama antarabangsa bagi pengkomersialan dan perdagangan.	Pelaksanaan dan penyertaan sekurang-kurangnya enam [6] program kerjasama antarabangsa/ rangkaian libat sama bagi pengkomersialan dan perdagangan.	Pelaksanaan dan penyertaan sekurang-kurangnya tujuh [7] program kerjasama antarabangsa/ program rangkaian libat sama bagi pengkomersialan dan perdagangan.
3.2.2 Melaksanakan inisiatif/ program pengkomersialan dan permintaan nanoteknologi strategik.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya dua [2] inisiatif/ program pengkomersialan dan permintaan nanoteknologi strategik.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga [3] inisiatif/ program pengkomersialan dan permintaan nanoteknologi strategik.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya empat [4] inisiatif/ program pengkomersialan dan permintaan nanoteknologi strategik.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diketuai oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB ii. Malaysian Global Innovation and Creativity Centre (MaGIC) iii. Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI) iv. Technology Park Malaysia Corporation Sdn. Bhd. (TPM) v. MIMOS Berhad vi. Collaborative Research in Engineering, Science and Technology (CREST) vii. Kementerian, organisasi dan pemain industri lain yang berkaitan	

TERAS STRATEGIK 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN
KECEMERLANGAN INDUSTRI

ISU & CABARAN

5. Kurang platform pemasaran strategik dalam memacu penembusan pasaran.

STRATEGI

3.3 Menyediakan fasilitasi dan insentif kepada syarikat-syarikat yang menghasilkan produk berasaskan nano

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
3.3.1 Menyediakan fasilitasi kepada syarikat tempatan yang menghasilkan dan mengkomersialkan produk berkaitan nano.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga (3) program fasilitasi untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. Fasilitasi bagi 50 syarikat.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga (3) program fasilitasi untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. Fasilitasi bagi 60 syarikat.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga (3) program fasilitasi untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. Fasilitasi bagi 70 syarikat.
3.3.2 Memanfaatkan insentif STI yang sedia ada kepada syarikat tempatan yang menghasil dan mengkomersialkan produk berkaitan nano.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya dua (2) program insentif untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. 50 syarikat mendapat faedah daripada insentif tersebut.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya dua (2) program insentif untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. 60 syarikat mendapat faedah daripada insentif tersebut.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya dua (2) program insentif untuk pengkomersialan produk berkaitan nano. 70 syarikat mendapat faedah daripada insentif tersebut.

PIHAK YANG TERLIBAT

Diketuai oleh:

- i. MOSTI
- ii. NNC

Disokong oleh:

- i. NMB
- ii. Malaysian Global Innovation and Creativity Centre [MaGIC]
- iii. Malaysia Venture Capital Management Berhad [MAVCAP]
- iv. Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri [MITI]
- v. Kementerian, organisasi dan pihak industri lain yang berkaitan

TERAS STRATEGIK 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN
KECEMERLANGAN INDUSTRI

ISU & CABARAN			
6. Kelemahan perancangan dan pembangunan bakat Sains dan Teknologi [S&T] secara menyeluruh untuk menggerakkan agenda STI yang memberi kesan kepada kumpulan bakat dan permintaan dalam bidang nanoteknologi. 7. Kurang pendekatan yang berkesan dalam membangunkan dan menarik lebih banyak bakat dalam bidang nanoteknologi.			
STRATEGI			
3.4 Mempergiatkan permintaan dan menarik lebih ramai bakat yang berkualiti untuk menyertai tenaga kerja dalam bidang nanoteknologi			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
3.4.1 Menyediakan pakej gaji dan imbuhan yang kompetitif untuk bakat dalam bidang nanoteknologi yang juga merangkumi RSET.	Perancangan strategik dan strategi untuk semakan pakej gaji dan imbuhan untuk bakat dalam bidang nanoteknologi.	Peningkatan 1% bakat nanoteknologi.	Peningkatan 2% bakat nanoteknologi.
3.4.2 Mengukuhkan kerjasama awam-swasta dalam program pembangunan bakat dalam bidang nanoteknologi, keusahawanan dan latihan akademik.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya dua [2] program kolaboratif strategik pembangunan bakat dalam bidang nanoteknologi, keusahawanan dan latihan akademik bersama industri.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya tiga [3] program kolaboratif strategik pembangunan bakat dalam bidang nanoteknologi, keusahawanan dan latihan akademik bersama industri.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya empat [4] program kolaboratif strategik pembangunan bakat dalam bidang nanoteknologi, keusahawanan dan latihan akademik bersama industri.
3.4.3 Melaksanakan program peningkatan kemahiran untuk bakat STI sedia ada dalam bidang nanoteknologi.	Sekurang-kurangnya 100 bakat STI mengambil bahagian dalam program peningkatan kemahiran nanoteknologi setiap tahun.	Sekurang-kurangnya 150 bakat STI mengambil bahagian dalam program peningkatan kemahiran nanoteknologi setiap tahun.	Sekurang-kurangnya 200 bakat STI mengambil bahagian dalam program peningkatan kemahiran nanoteknologi setiap tahun. Peningkatan 30,000 bakat dalam bidang nanoteknologi menjelang 2030.
3.4.4 Memperakui pakar nanoteknologi dan ahli teknologi.	Sekurang-kurangnya 50 profesional dan teknologis nanoteknologi diperakui	Sekurang-kurangnya 60 profesional dan teknologis nanoteknologi diperakui.	Sekurang-kurangnya 70 profesional dan teknologis nanoteknologi diperakui.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diketuai oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB ii. Malaysia Board of Technologists (MBOT) iii. Kementerian Pendidikan Malaysia (MOE) iv. Kementerian Pengajian Tinggi (MOHE) v. Kementerian Sumber Manusia (MOHR) vi. Kementerian, organisasi dan pemain industri lain yang berkaitan	



TERAS STRATEGIK 3: MENINGKATKAN PENGKOMERSIALAN DAN
KECEMERLANGAN INDUSTRI

ISU & CABARAN

8. Kurang penghargaan dan kesedaran tentang pengkomersialan nanoteknologi pada semua lapisan masyarakat.

STRATEGI

3.5 Mengarus perdana komunikasi sains untuk mempromosi nanoteknologi

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
3.5.1 Melaksanakan inisiatif/ program komunikasi sains strategik untuk pengkomersialan nanoteknologi bagi meningkatkan kesedaran dalam kalangan masyarakat.	Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program komunikasi sains nanoteknologi strategik untuk pembangunan, pelaksanaan dan pemantauan pengkomersialan nanoteknologi	Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program komunikasi sains nanoteknologi strategik untuk pengkomersialan nanoteknologi dilaksana dan dipantau.	Sekurang-kurangnya lima [5] inisiatif/ program komunikasi sains nanoteknologi strategik untuk pengkomersialan nanoteknologi dilaksana dan dipantau.

PIHAK YANG TERLIBAT

Diketuai oleh:

- i. MOSTI
- ii. NNC

Disokong oleh:

- i. NMB
- ii. Malaysian Global Innovation and Creativity Centre (MaGIC)
- iii. Malaysia Venture Capital Management Berhad (MAVCAP)
- iv. Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI)
- v. Kementerian, organisasi dan pihak industri lain yang berkaitan

TERAS STRATEGIK 4: PENGUKUHAN STANDARD, KESELAMATAN DAN REGULATORI

ISU & CABARAN			
1. Kurang kesedaran mengenai standard, keselamatan dan regulatori yang khusus untuk nano.			
STRATEGI			
4.1 Mempromosi kepentingan standard dan regulatori dalam kalangan industri bagi meningkatkan nilai produk nanoteknologi.			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
4.1.1 Membangunkan satu pangkalan data produk tempatan berasaskan nano yang komprehensif serta rujukan mengenai keselamatan, standard & peraturan nano.	Pangkalan data nano yang komprehensif dengan inventori sekurang-kurangnya 100 produk nano tempatan.	Inventori sekurang-kurangnya 200 produk nano tempatan. Pangkalan data diperluas untuk merangkumi produk nano dalam pasaran ASEAN.	Inventori sekurang-kurangnya 300 produk nano tempatan.
4.1.2 Membangunkan standard baharu untuk menyokong industri tempatan dan diterima pakai pada peringkat antarabangsa melalui mekanisme ISO TC 229 Nanotechnologies Working Group	Pembangunan dan penggunaan sekurang-kurangnya satu [1] standard baharu tempatan. Pembangunan Standard ISO yang berkaitan melalui ISO TC 229 Working Group	Pembangunan dan penggunaan sekurang-kurangnya dua [2] standard baharu tempatan. Pembangunan Standard ISO yang berkaitan melalui ISO TC 229 Working Group.	Pembangunan dan penggunaan sekurang-kurangnya tiga [3] standard baharu tempatan. Pembangunan Standard ISO yang berkaitan melalui ISO TC 229 Working Group. Standard tempatan diguna pakai pada peringkat antarabangsa.
4.1.3 Meningkatkan kesedaran dalam kalangan industri dan masyarakat mengenai kepentingan standard nano dan keselamatan nano melalui program-program kesedaran/ libat sama strategik.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya lima [5] program kesedaran/ libat sama strategik mengenai keselamatan nano dan standard nano mengikut wilayah. Penyertaan sekurang-kurangnya 50 syarikat dan pensijilan 50 produk nano.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya lima [5] program kesedaran/ libat sama strategik mengenai keselamatan nano dan standard nano mengikut wilayah. Penyertaan sekurang-kurangnya 100 syarikat dan pensijilan 100 produk nano.	Pelaksanaan sekurang-kurangnya lima [5] program kesedaran/ libat sama strategik mengenai keselamatan nano dan standard nano mengikut wilayah. Penyertaan sekurang-kurangnya 150 syarikat dan pensijilan 150 produk nano.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diketuai oleh: i. MOSTI ii. NNC	Disokong oleh: i. NMB ii. Jabatan Standard Malaysia iii. Jabatan Kimia Malaysia iv. SIRIM Berhad v. Kementerian Kesihatan (KKM) vi. Agensi Regulatori Farmasi Negara (NPRA) vii. Kementerian Alam Sekitar & Air (KASA) viii. Jabatan Keselamatan & Kesihatan Pekerjaan (JKKP) ix. Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP) x. Kementerian dan badan regulatori lain yang berkaitan		

TERAS STRATEGIK 4: PENGUKUHAN STANDARD, KESELAMATAN DAN
REGULATORI

ISU & CABARAN

1. Ekosistem yang tidak berhubung untuk menyokong keseluruhan ekosistem pelaksanaan, pembangunan dan inovasi nanoteknologi.

STRATEGI

- 4.2 Menyepadukan nanoteknologi dalam regulatori

INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
4.2.1 Mengintegrasikan standard dan keselamatan nanoteknologi dalam akta yang berkaitan.	Penilaian Kesan Regulatori [RIA]	Membangunkan peraturan berkaitan nano.	Integrasi dalam akta yang berkaitan

PIHAK YANG TERLIBAT

Diketuai oleh:

- i. MOSTI
- ii. NNC

Disokong oleh:

- i. NMB
- ii. Jabatan Standard Malaysia
- iii. Jabatan Kimia Malaysia
- iv. SIRIM Berhad
- v. Kementerian Kesihatan [KKM]
- vi. Agensi Regulatori Farmasi Negara [NPRA]
- vii. Kementerian Alam Sekitar & Air [KASA]
- viii. Jabatan Keselamatan & Kesihatan Pekerjaan [JKKP]
- ix. Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna [KPDNHEP]
- x. Kementerian dan badan regulatori lain yang berkaitan

TERAS STRATEGIK 4: PENGUKUHAN STANDARD, KESELAMATAN DAN REGULATORI

ISU & CABARAN			
2. Kekurangan penekanan terhadap pensijilan nanoteknologi untuk dimanfaatkan bagi menjana pendapatan negara.			
STRATEGI			
4.3 Menyusun semula strategi pensijilan nanoteknologi untuk menarik lebih banyak permintaan pensijilan ke arah meningkatkan nilai tambah produk nanoteknologi			
INISIATIF	JANGKA PENDEK (2021-2022)	JANGKA SEDERHANA (2023-2025)	JANGKA PANJANG (2026-2030)
4.3.1 Meningkatkan pakej pensijilan nanoteknologi.	Pakej pensijilan nanoteknologi yang disemak semula. Penglibatan sekurang-kurangnya 50 syarikat dan pensijilan 50 produk nano.	Penglibatan sekurang-kurangnya 100 syarikat dan pensijilan 100 produk nano. Pensijilan diperluas ke rantau ASEAN.	Penglibatan sekurang-kurangnya 150 syarikat dan pensijilan 150 produk nano.
PIHAK YANG TERLIBAT			
Diketuai oleh: i. MOSTI ii. NNC		Disokong oleh: i. NMB ii. Jabatan Standard Malaysia iii. Jabatan Kimia Malaysia iv. SIRIM Berhad v. Kementerian Kesihatan (KKM) vi. Agensi Regulatori Farmasi Negara (NPRA) vii. Kementerian Alam Sekitar & Air (KASA) viii. Jabatan Keselamatan & Kesihatan Pekerjaan (JKKP) ix. Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP) x. Kementerian dan badan regulatori lain yang berkaitan viii. Jabatan Keselamatan & Kesihatan Pekerjaan (JKKP) ix. Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP) x. Kementerian dan badan regulatori lain yang berkaitan	

MAKLUMAT TAMBAHAN

Takrifan Nanoteknologi

Nanoteknologi merujuk kepada penerapan pengetahuan saintifik untuk memanipulasi dan mengawal jirim dalam skala nano (julat sekitar 1 dan 100 nanometer) untuk memanfaatkan sifat dan fenomena yang bergantung pada saiz dan struktur. Bahan skala nano mempunyai ciri elektromagnet, termal dan optik yang unik, yang berbeza daripada bahan yang berkait dengan atom atau molekul individu, atau dengan bahan pukal sehingga menjadikannya penting dalam menyelesaikan pelbagai cabaran yang dihadapi oleh manusia. Bahan nano mempunyai pelbagai potensi aplikasi baharu, yang boleh menghasilkan produk yang lebih ringan, lebih kuat, lebih pintar, lebih murah, bersih dan lebih tahan lama.

Gambaran keseluruhan ekosistem nanoteknologi AS, Korea Selatan dan Jerman

Negara	Amerika Syarikat	Korea Selatan	Jerman
Dasar/Pelan	NNI (2001)	NNI-K (2001)	Action Plan Nanotechnology (2010, 2015, 2020)
Akta	21st Century Nanotechnology Research and Development Act (2003)	Nanotechnology Development and Promotion Act (2002)	-
Penyelarasan	National Nanotechnology Coordination Office (NNCO)	Ministry of Science and ICT (MSIT)	Kerajaan Persekutuan
Penglibatan	20 Jabatan Persekutuan, Agensi Bebas dan Suruhanjaya	5 Kementerian: 1. MSIT 2. MOTIE 3. MOHW 4. MOEL 5. ME	7 Kementerian: 1. BMBF 2. BMAS 3. BMEL 4. BMG 5. BMUB 6. BMVe 7. BMWi
Pembiayaan	Pembiayaan oleh agensi yang mengambil bahagian	Pembiayaan Nanoteknologi Kerajaan Khusus	Berdasarkan program kepakaran Kerajaan Persekutuan
Bidang Utama	Semua aspek nanoteknologi	Pengindustrian 7 Teknologi Utama: 1. Peranti nano-elektronik 3D 2. Pengesan nano IoT persekitaran 3. Pengesan nano keselamatan makanan 4. Serat nano fungsional 5. Pemangkin bebas logam berharga 6. Bahan nano bebas nadir bumi untuk kegunaan perindustrian 7. Sistem rawatan air tenaga rendah	Sasaran yang digariskan dalam HST: 1. Ekonomi dan Masyarakat Digital 2. Ekonomi dan Tenaga Lestari 3. Persekitaran Kerja Inovatif 4. Hidup Sihat 5. Mobiliti Pintar 6. Keselamatan Awam

Negara	Amerika Syarikat	Korea Selatan	Jerman
Pengkomersialan	Program khas yang dirancang untuk memupuk pengkomersialan nanoteknologi (lebih daripada 40)	Mengaitkan aspek R&D dan pengkomersialan melalui program Nano-Convergence/ Penggabungan Nano	Sasaran yang digariskan dalam HST: 1. Ekonomi dan Masyarakat Digital 2. Ekonomi dan Tenaga Lestari 3. Persekitaran Kerja Inovatif 4. Hidup Sihat 5. Mobiliti Pintar 6. Keselamatan Awam Mempromosikan daya inovatif PKS melalui langkah-langkah yang didasarkan dan mengurangkan halangan sedia ada untuk berinovasi: • Portal dalam talian iaitu nano-map.de, peta interaktif para peserta daripada sains dan industri untuk membantu cari rakan kerjasama. • Perbincangan teknologi dan sesi dialog untuk mengatasi masalah khusus sektor pada tahap awal dan menyokong resapan pilihan aplikasi baharu untuk pengkomersialan.
Keselamatan (EHS), Peraturan dan Undang-undang	Kumpulan Kerja Implikasi Alam Sekitar dan Kesihatan Nanoteknologi (NEHI) (pelaburan nanoEHS kumulatif sebanyak USD 1.26 bilion sejak 2005) bekerjasama dalam penyelidikan nanoEHS dan isu-isu dasar yang berkaitan dengan negara lain dan organisasi antarabangsa	Menyertai Kumpulan Kerja OECD mengenai Bahan Nano yang Dikilangkan (WPMN) Agensi Teknologi dan Piawaian Korea (KATS) terlibat dengan ISO / TC229 Pelan pengurusan keselamatan nano pertama dan kedua (2012-2016; 2017-2021)	Institut dan industri Jerman terlibat dalam piawaian nanoteknologi pada: • Peringkat Antarabangsa (ISO, IEC) • Peringkat Eropah (CEN, CENELEC) • Peringkat Kebangsaan (DIN, DKE, VDI)
Impak	Pengiktirafan sebagai peneraju nanoteknologi global.	Kedudukan tinggi dalam R&D bagi nanoteknologi. Peningkatan indeks teras pengindustrian penggabungan nanoteknologi dari tahun ke tahun. Peningkatan prestasi royalti dan pengkomersialan bagi projek R&D nasional.	Kerjasama berjaya mewujudkan sinergi, mengumpulkan aktiviti pelbagai kementerian dan mengelakkan pembiayaan berganda.

BACAAN LANJUT

Inisiatif Nanoteknologi Nasional/Kebangsaan Malaysia (NNIM)

Misi NNIM ialah "nanoteknologi untuk pembangunan sains, teknologi, industri, dan ekonomi negara yang lestari".

NNIM dirumuskan untuk memajukan nanoteknologi dan sains melalui pengumpulan sumber dan pengetahuan tempatan antara penyelidik, industri dan kerajaan.

NNIM mempromosikan:

- Institusi penyelidikan nanoteknologi bertaraf dunia;
- Perbelanjaan yang kukuh untuk R&D nanoteknologi;
- Persekitaran perniagaan yang kompetitif;
- Sistem pendidikan dan latihan yang mantap;
- Tenaga kerja berkemahiran tinggi, berpendidikan dan yang pelbagai; dan
- Prasarana cekap dan aktiviti nanoteknologi bersepadu.

Strategi NNIM merangkumi:

- Menambah baik daya saing ekonomi Malaysia untuk menghadapi cabaran global;
- Mempercepat kejayaan saintifik bagi nanoteknologi bermanfaat yang terpilih; dan
- Meningkatkan sumbangan nanoteknologi kepada masyarakat dan alam sekitar. i.

Pusat Nanoteknologi Kebangsaan (NNC)

Peranan NNC ialah:

- Membangun dan memperkuat kemampuan serta keupayaan negara melalui pembangunan dan pelaksanaan dasar serta mendukung kemudahan infrastruktur dan fizikal seiring dengan pendidikan awal dalam bidang nanosains untuk pembangunan modal insan;
- Merancang, menyelaras dan memantau aktiviti penyelidikan, pembangunan dan pengkomersialan (R, D & C) di Malaysia untuk menyokong aspirasi strategik kerajaan;
- Merancang, menyelaras dan memantau aktiviti yang menyumbang kepada pembangunan industri berasaskan nanoteknologi sebagai sumber pertumbuhan ekonomi; dan
- Memudah cara kedudukan pemain dan produk industri berkaitan nanoteknologi di Malaysia dalam rangkaian bekalan global.

NNC dijenamakan sebagai Pusat Nanoteknologi Kebangsaan (NNC) pada tahun 2016.

Penyataan Nanoteknologi Negara (NNS)

Lima tema NNS ialah:

Tema 1: Memupuk budaya nanoteknologi

Tema 2: Pengukuhan penyelidikan dan inovasi sebagai bidang tumpuan khusus negara

Tema 3: Peningkatan kerjasama dan jaringan

Tema 4: Pematuhan kepada peraturan dan akta

Tema 5: Mempromosi pengkomersialan dan perindustrian

NanoMalaysia Berhad (NMB)

Objektif penubuhan NMB ialah untuk “menjana semula industri dan memangkin pertumbuhan ekonomi dan penerapan nanoteknologi dalam pertumbuhan perniagaan industri dan pembangunan lestari kepemimpinan teknologi canggih dan mewujudkan nilai-nilai sejati”.

NMB diberi mandat untuk melaksanakan aktiviti berikut:

- Bertindak sebagai entiti perniagaan yang diamanahkan untuk memberikan perhatian kepada pengkomersialan dan pembangunan nanoteknologi;
- Merancang dan menyelaraskan pengkomersialan R&D nanoteknologi bagi bidang berimpak tinggi seperti elektrik dan elektronik, makanan dan pertanian, tenaga dan alam, dan kesihatan dan perubatan;
- Merancang dan mengurus aktiviti yang menyumbang kepada pembangunan industri berasaskan nanoteknologi;
- Menyusun strategi bagi meletakkan industri nanoteknologi Malaysia dalam rangkaian bekalan dan nilai global;
- Memudah cara pelaburan dalam pengkomersialan nanoteknologi; dan
- Memudah cara pembangunan modal insan (saintis dan jurutera, penyelidik, dan profesional) dalam industri nanoteknologi.

Pusat Kecemerlangan Nano Malaysia (COE)

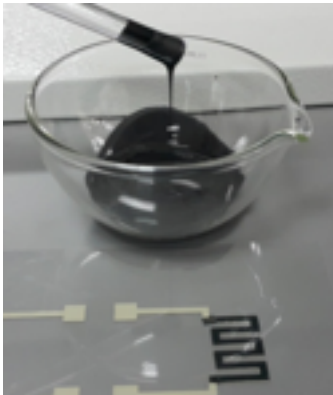
Lima pusat yang diiktiraf sebagai COE Nano Malaysia bagi tempoh 2011-2014 ialah:

1. Institut Kejuruteraan Mikro dan Nanoelektronik (IMEN), UKM – Sistem Nanoelektromekanik (NEMS) dan Lab-on-Chips untuk industri bioperubatan
2. Institut Kejuruteraan Nanoelektronik (INEE), UNIMAP – Cip DNA Nano untuk diagnostik perubatan
3. Pusat Inovatif Struktur Nano dan Peranti Nano (COINN), UTP – Tenaga suria
4. Makmal Penyelidikan NEMS / MEMS, MIMOS – Pengesan Nafas Berkuasa Sendiri untuk Sistem Pemantauan Boleh Dipakai & Penjagaan Kesihatan Pintar.
5. Mengaktifkan Penyelidikan Sains dan Nanoteknologi, Institut Pengajian Sains Asas Ibnu Sina (IIFS), UTM – Bahan Novel Nano Berfungsi: Reka Bentuk Sintesis dan Komputasi

BACAAN LANJUT

Beberapa produk yang berjaya dikomersilkan di bawah program NANOVerify

Sistem dan Peranti Elektronik



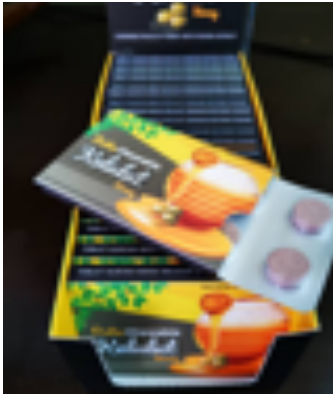
Nama syarikat	SERDANG PASTE TECH SDN BHD
Nama produk	CONDUCTIVE INK
No. Sijil	MENUNGGU KELULUSAN
Perincian produk	Komposisi bahan dan kaedah penyediaan menghasilkan pes filem tebal untuk screen printing, yang terdiri daripada organic binder menggunakan minyak biji rami serta serbuk aktif khusus.
Laman sesawang	https://sciencepark.upm.edu.my/upload/dokumen/20190513153547Serdang_Paste_Tech_Sdn._Bhd.pdf
Pegawai untuk dihubungi	Mohd Asnawi
Tarikh luput	MENUNGGU KELULUSAN

Tenaga dan Alam Sekitar



Nama syarikat	PT JAVA INDAH
Nama produk	Zeolyte Catalyst
No. Sijil	NVCCC00043
Perincian produk	Zeolite Catalyst sesuai untuk mengurangkan tahap COD pada efluen sisa kilang
Laman sesawang	-
Pegawai untuk dihubungi	Lina Nasaputra
Tarikh luput	19 April 2021

Makanan dan Pertanian



Nama syarikat	ORILIN RESOURCES SDN BHD
Nama produk	CANDY TABLET
No. Sijil	NVC000057
Perincian produk	Tablet kunyah untuk melegakan batuk, radang tekak dan membantu menghapuskan nafas berbau busuk
Laman sesawang	https://orilinresources.wixsite.com/orilinresources
Pegawai untuk dihubungi	Mohd Azlan bin Abdullah
Tarikh luput	7 Ogos 2022

Beberapa produk yang berjaya dikomersilkan di bawah program NANOVerify

Makanan dan Pertanian



Nama syarikat	BONDING TECHNOLOGY RESOURCES SDN BHD
Nama produk	Chemi-Bond Nano Fertilizer
No. Sijil	NVC000087
Perincian produk	Baja organic
Laman sesawang	www.chemibond.com.my
Pegawai untuk dihubungi	Ms. L. Y. Sin
Tarikh luput	7 Ogos 2022

Kesejahteraan, Perubatan dan Penjagaan Kesihatan



Nama syarikat	TRUMER MEDICARE SDN BHD
Nama produk	Trucare Nano Silver Spray
No. Sijil	NVC000048
Perincian produk	Antibakteris dan rawatan luka
Laman sesawang	www.trucare.com.my
Pegawai untuk dihubungi	Yee Chin Siong
Tarikh luput	31 Januari 2022



Nama syarikat	FARMASIA SDN BHD
Nama produk	Silvergrade Hand Sanitizer
No. Sijil	NVC000075
Perincian produk	Nano colloidal silver sebagai anti-virus, anti-fungal dan anti-bakteria
Laman sesawang	www.farmasia.com.my
Pegawai untuk dihubungi	Wan Rizzal bin Wan Zaki
Tarikh luput	31 Januari 2022

BACAAN LANJUT

Senarai Kementerian/ Agensi/ Organisasi berkaitan nanoteknologi

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan penyelaras nanoteknologi	Pusat Nanoteknologi Kebangsaan [NNC]	- Satu bahagian di bawah MOSTI yang menyelia dan melaksanakan Agenda Nanoteknologi Negara. - Pusat tumpuan dan badan penyelaras aktiviti penyelidikan, teknologi, dan pembangunan produk di samping perkara-perkara yang berkaitan keselamatan, standard dan pengawalseliaan nanoteknologi di Malaysia.
Institut-institut Penyelidikan Nanoteknologi	Institut Pengajian Tinggi [IPT]	Institut Pengajian Tinggi [IPT] menawarkan ijazah pascasiswazah di bawah program Sarjana dan Kedoktoran yang tertumpu kepada penyelidikan berkaitan aplikasi nanoteknologi. Hal ini menyumbang kepada pembangunan cendekiawan dan aktiviti penyelidikan dalam bidang nanoteknologi. IPT terlibat dalam kebanyakan penyelidikan fundamental sehingga kepada tahap pra-pengkomersialan.
	Jabatan Kimia Malaysia [KIMIA]	- KIMIA Malaysia menjalankan penyelidikan berkaitan pembangunan kaedah untuk memastikan bahan kimia yang digunakan dalam produk nanoteknologi tidak berbahaya kepada kesihatan dan alam sekitar. - Daripada sudut R&D, KIMIA Malaysia akan bekerjasama dengan institut penyelidikan yang terkenal [Misalnya: Nanotechnology Research Center [NIOSH]; Institute of Occupational Medicine, Singapura, The Dutch National Institute for Public Health and the Environment; National Institute of Materials Science, Jepun] untuk menghasilkan rangka kerja yang komprehensif dalam pembangunan SOP untuk pengujian bahan nano.
	Agensi Angkasa Malaysia [MYSA]	Membangunkan keupayaan negara secara menyeluruh dan bersepadu dalam bidang teknologi, aplikasi dan sains angkasa.
	Agensi Nuklear Malaysia	- Agensi Nuklear Malaysia [Nuklear Malaysia] telah mempromosi penggunaan teknologi nuklear dalam penyelidikan bahan nano untuk pelbagai aplikasi. Sehingga tahun 2015, kajian tertumpu kepada Carbon Nanotube [CNT], nanocomposite dan nano-hybrid biocomposite. - Hal ini telah membawa kepada pengiktirafan Nuklear Malaysia sebagai salah sebuah Pusat Kerjasama Antarabangsa [ICC] untuk Pemprosesan Sinaran Polimer Semula Jadi dan Bahan Nano bagi tempoh 2016-2020 oleh Agensi Tenaga Atom Antarabangsa [IAEA]. - Baru-baru ini, IAEA telah memperluaskan skop ICC kepada “Penyelidikan, Latihan dan Pembangunan dalam bidang Sains Nuklear dan Aplikasi [2019-2023]”, yang merangkumi dua ICC tambahan iaitu Advance Non-Destructive Testing dan Gamma Green House, yang dianugerahkan kepada Nuklear Malaysia. - Kini, Nuklear Malaysia terlibat dalam 25 projek penyelidikan dalam bidang nanoteknologi yang melibatkan sinaran [sama ada sebagai Ketua Penyelidik atau sebagai rakan kerjasama].
	Astronautic Technology Sdn Bhd [ATSB]	- Syarikat milik penuh kerajaan Malaysia di bawah Kementerian Kewangan dan diselia oleh MOSTI dengan mandat utama untuk membangunkan teknologi angkasa dan satelit yang tertumpu kepada penyelidikan dan pembangunan industri angkasa menggunakan teknologi termaju dan inovatif. - ATSB mempunyai pengalaman yang luas dalam reka bentuk dan pembangunan satelit dengan teknologi khusus untuk <i>Structures, Thermal, Communications, Orbital Dynamics, Optical, Attitude Determination and Control Systems, Embedded Onboard Computer Systems, Electro Optics</i> dan <i>Flight Software</i>.

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Institut-institut Penyelidikan Nanoteknologi	InnoBio	• Pengeluar utama bahan ramuan fungsional, yang mempunyai pusat R&D yang tersendiri, menghasilkan pengeluaran berskala besar profesional berdasarkan Amalan Pengilangan Baik (cGMP) dan kualiti standard antarabangsa serta pemasaran dan pengedaran di seluruh dunia. • InnoBio memiliki pusat penyelidikan kejuruteraan bersama kebangsaan, stesen penyelidikan pasca kedoktoran kebangsaan dan pusat teknologi perusahaan wilayah dengan keupayaan pengkomersialan. Pasukan R&D InnoBio terdiri daripada lebih 90 pakar dan sarjana terkenal dari luar negara dalam bidang biokimia dan perubatan
	Institut Bioteknologi Kebangsaan (NIBM)	• Institut Bioteknologi Kebangsaan (NIBM) ialah konsortium yang terdiri daripada tiga institut bioteknologi – Institut Farmaseutikal dan Nutrasedutikal Malaysia (IPHARM), Institut Agro-Bioteknologi (ABI) dan Institut Genom Malaysia (MGI). • NIBM bekerjasama dengan Universiti Malaya di bawah geran NanoMITe. Salah satu hasil sasaran penglibatan NIBM dalam projek ini ialah pembangunan modal insan dalam bidang nanoteknologi.
	Institut Penyelidikan Perubatan (IMR)	• IMR ialah cabang penyelidikan bidang bioperubatan di bawah Kementerian Kesihatan Malaysia. • IMR menjalankan penyelidikan bagi meningkatkan pengetahuan dan pemahaman saintifik serta menyediakan bukti untuk pembuatan keputusan dan penggubalan program dan aktiviti pencegahan dan kawalan yang berkesan. Penyelidikan juga dijalankan untuk membangunkan teknologi atau produk pemerdaya dan mengenal pasti penanda bio baharu untuk digunakan dalam pengesanan awal dan diagnosis penyakit, pemantauan perkembangan penyakit dan terapi tersasar.
	Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI)	• Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) telah ditubuhkan pada tahun 1969 dan merupakan badan berkanun di bawah MAFI yang diberi mandat untuk menjalankan penyelidikan dalam pertanian, makanan dan industri asas tani. • Penyelidikan MARDI memberi tumpuan kepada pembangunan dan pengeluaran produk yang berkaitan pertanian seperti baja nano, racun perosak nano dan racun kulat nano.
	Malaysia Palm Oil Berhad	• Lembaga Minyak Sawit Malaysia (MPOB) adalah agensi kerajaan yang ulung dalam industri kelapa sawit negara. Peranan utamanya adalah untuk mempromosi dan membangunkan objektif, dasar dan keutamaan negara bagi kesejahteraan industri kelapa sawit Malaysia. • Teras aktiviti MPOB adalah pada R&D. Keseluruhan spektrum kerja-kerja R&D yang terdiri daripada pengeluaran sehingga pemprosesan dijalankan oleh pelbagai bahagian penyelidikan seperti berikut, yang disokong oleh bahagian bukan penyelidikan seperti: a) Bahagian Penyelidikan Biologi b) Bahagian Perkembangan dan Penyelidikan Bersepadu c) Bahagian Kejuruteraan dan Pemprosesan d) Bahagian Kemajuan Teknologi Oleokimia e) Bahagian Penyelidikan Pembangunan Produk dan Khidmat Nasihat

BACAAN LANJUT

Senarai Kementerian/ Agensi/ Organisasi berkaitan nanoteknologi

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Institut-institut Penyelidikan Nanoteknologi	Lembaga Getah Malaysia (LGM)	- Lembaga Getah Malaysia (LGM) ialah badan yang bertanggungjawab terhadap industri getah di Malaysia. - Objektif utama LGM ialah untuk membantu pembangunan dan pemodenan industri getah negara dalam semua aspek daripada penanaman pokok getah, pengeluaran dan pemprosesan getah mentah, pembuatan barangan getah dan pemasaran getah dan produk getah. - Sektor penyelidikan dan inovasi dalam LGM merangkumi operasi huluan, pertengahan dan hiliran
Badan Pengkomersialan Nanoteknologi	NanoMalaysia Berhad	- NanoMalaysia Berhad (NanoMalaysia) adalah agensi yang bertanggungjawab untuk pengkomersialan nanoteknologi di Malaysia. - NanoMalaysia berperanan memberi sokongan kepada entiti komersial dalam industri nanoteknologi untuk mencapai keberhasilan yang disasarkan dalam menuju ekonomi yang didorong oleh inovasi.
	Technology Park Malaysia Corporation Sdn. Bhd. (TPM)	- Technology Park Malaysia Corporation Sdn. Bhd. (TPM) adalah fasilitator inovasi dan pemerdaya teknologi di Malaysia. - Aspirasi Pusat Inovasi Inkubasi TPM adalah untuk mempercepatkan pertumbuhan teknousahawan dalam industri tenaga yang boleh diperbaharui, ICT, bioteknologi dan kejuruteraan untuk berkembang dari peringkat idea sehingga pengkomersialan melalui program intervensi dalam bidang kritikal. - Pusat Pengkomersialan Teknologi (CTC) TPM dibangunkan khusus untuk merangsang keperluan pihak berkepentingan utama negara dalam memanfaatkan teknologi untuk menjana kekayaan. Universiti, institusi penyelidikan, pembiayaan teroka, teknousahawan, pakar harta intelek, pengawalselia kerajaan, penyelidik, entiti perniagaan dan pemain industri akan bekerjasama di CTC untuk memastikan pengkomersialan teknologi menjadi realiti. - CTC bekerjasama dengan Bahagian Inovasi dan Pengkomersialan MOSTI untuk pengkomersialan produk yang dibangunkan melalui aktiviti R&D yang ditaja oleh kementerian. Project Monitoring Team (PMT) CTC juga telah dilantik untuk mengurus dan memantau geran yang diberikan di bawah <i>Technofund</i>, <i>Science fund</i> dan <i>Innofund</i>.
	MIMOS Berhad	- MIMOS Berhad (MIMOS) memberi tumpuan kepada penghasilan penyelesaian teknologi yang membolehkan kerajaan memberikan perkhidmatan yang lebih baik dan untuk industri terus mengalami pertumbuhan berterusan. - Nano Semiconductor Technology Centre ialah kemudahan perkhidmatan bersama yang komprehensif di premis MIMOS yang disediakan untuk perusahaan kecil, sederhana dan besar dalam sektor Elektrikal dan Elektronik (E&E). - MIMOS telah memainkan peranan utama dalam sektor E&E sebagai pusat penyelidikan gunaan nasional untuk ICT, mikro dan nanoelektronik. MIMOS telah mewujudkan ekosistem yang kukuh melalui kemudahan bersama dan menerokai bidang nanoteknologi sebagai pemerdaya utama. <i>Nano-Semiconductor Technology Centre</i> akan menjadi pemangkin untuk mendorong nanoteknologi sebagai enjin pertumbuhan baharu. - Kolaborasi antara NMB dan MIMOS memberi tumpuan kepada pengkomersialan pasaran nanoelektronik terutama yang berasaskan graphene yang bakal meningkatkan industri E&E dari segi produk kekompleksan tinggi dan penciptaan pekerjaan bernilai tinggi melalui National Graphene Action Plan 2020.

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan Pengkomersialan Nanoteknologi	Malaysian Global Innovation and Creativity Centre (MaGIC)	Malaysian Global Innovation and Creativity Centre (MaGIC) merupakan sebuah agensi di bawah MOSTI yang membantu memudahkan, menavigasi dan memperkasakan ekosistem <i>start-up</i> dan keusahawanan dengan misi untuk mengukuhkan kedudukan Malaysia sebagai sebuah negara yang berinovasi.
	Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI)	Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri (MITI) adalah kementerian yang bertanggungjawab terhadap perdagangan antarabangsa, industri, pelaburan, produktiviti, Perusahaan Kecil dan Sederhana (PKS), institusi kewangan pembangunan, industri halal, automotif, besi dan perdagangan strategik.
	Malaysia Automotive Robotics and IoT Institute (MARii)	Malaysia Automotive Robotics and IoT Institute (MARii) berfungsi sebagai pusat tumpuan, pusat koordinasi dan pemikir untuk meningkatkan daya saing industri automotif dan mobiliti keseluruhan termasuk sistem pengangkutan pintar dan perkhidmatan berkaitan melalui penggunaan robotik dan <i>Internet of Things</i> (IoT).
	Collaborative Research in Engineering, Science and Technology (CREST)	- Collaborative Research in Engineering, Science and Technology (CREST) ditubuhkan pada tahun 2012 sebagai platform kerjasama untuk R&D yang didorong oleh pasaran yang memfokuskan pada sektor E&E. CREST menyatukan industri, ahli akademik dan kerajaan untuk bekerjasama dalam rangka kerja <i>triple helix</i> dalam melonjakkan R&D yang didorong pasaran, pembangunan bakat yang relevan kepada industri dan pengkomersialan harta intelek (IP) yang dibangunkan kepada produk atau perkhidmatan yang dapat dipasarkan. - CREST adalah pengerusi bersama bagi jawatankuasa pemandu Technical Working Group (TWG) – Technology under Industry4WRD policy. Bersama-sama dengan MIMOS, MARii, SIRIM, NANO Malaysia, CSM, MIGHT, JSM dan agensi-agensi lain, universiti awam dan swasta. CREST aktif mempromosi dan mendapatkan eksperimentasi teknologi untuk sektor pembuatan Malaysia.
	SilTerra Malaysia Sdn. Bhd. (SilTerra)	- SilTerra Malaysia Sdn. Bhd. merupakan sebuah kilang fabrikasi wafer semikonduktor Malaysia yang ditubuhkan pada bulan November 1995. SilTerra dimiliki oleh Khazanah Nasional Berhad iaitu cabang pelaburan kerajaan Malaysia. - Teknologi yang dibangunkan kebanyakannya dibina berdasarkan proses reka bentuk dan fabrikasi Complementary Metal Oxide Semiconductors (CMOS) pada 180 nm ke 90 nanometer. Nod ini adalah asas kepada pelbagai cip bersepadu dalam aplikasi Logic Termaju, Mixed-Signal & Radio Frequency and High Voltage. Sebilangan besar cip bersepadu yang dihasilkan bagi peranti tersebut mempunyai substruktur di bawah julat 100nm.
	Industri	- Industri di Malaysia terbahagi kepada Syarikat Multinasional (MNC) dan Perusahaan Kecil atau Sederhana (PKS). - MNC beroperasi dan mempunyai aset di beberapa buah negara manakala PKS ialah syarikat bebas dengan bilangan pekerja yang terhad.

BACAAN LANJUT

Senarai Kementerian/ Agensi/ Organisasi berkaitan nanoteknologi

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan berkaitan Keselamatan, Standard dan Regulatori Nanoteknologi	Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)	- Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP) ialah sebuah Jabatan di bawah KSM. JKKP bertanggungjawab untuk memastikan keselamatan, kesihatan dan kebajikan orang yang sedang bekerja dan melindungi orang lain daripada bahaya dan ancaman kesihatan yang berpunca daripada aktiviti sektor. - Sebagai sebuah agensi kerajaan, JKKP bertanggungjawab untuk mentadbir dan menguatkuasakan perundangan mengenai Keselamatan dan Kesihatan Perkerjaan (KKP) di Malaysia, dengan wawasan untuk menjadi sebuah organisasi yang menerajui negara dalam pembentukan budaya kerja selamat dan sihat ke arah mempertingkatkan kualiti hidup semasa bekerja.
	SIRIM Berhad	SIRIM Berhad ialah sebuah organisasi tersohor dalam penyelesaian teknologi dan kualiti, dengan pengkhususan dalam Penyelidikan Perindustrian, Pembangunan dan Pengkomersialan, Pensijilan, Pengujian dan Pemeriksaan, Latihan dan Penasihat Reka Bentuk.
	Jabatan Standard Malaysia (JSM)	Jabatan Standard Malaysia (JSM) merupakan Badan Standard dan Akreditasi Kebangsaan yang membangun dan mempromosikan Standards Malaysia dan memberi perkhidmatan akreditasi kepada badan-badan penilaian kepatuhan.
	Bahagian Keselamatan dan Kualiti Makanan	Bahagian Keselamatan dan Kualiti Makanan ditubuhkan bagi memperkasakan aktiviti perancangan, pelaksanaan, pemantauan dan penilaian program keselamatan dan kualiti makanan untuk melindungi orang ramai daripada ancaman kesihatan dan penipuan berkaitan penyimpanan, penyediaan, pemprosesan pembungkusan, pengangkutan, penjualan dan penggunaan makanan; serta mempermudah perdagangan makanan.
	Agensi Regulatori Farmasi Negara (NPRA)	- Agensi Regulatori Farmasi Negara (NPRA) melaksanakan skim pengawalseliaan terhadap kualiti produk farmaseutikal dalam pasaran melalui persampelan rawak dan pelaksanaan analisis uji kaji. - NPRA juga melaksanakan skim pendaftaran ubat-ubatan /notifikasi kosmetik melalui penilaian data teknikal, ujian makmal, penyelidikan dan maklumat yang diterima daripada agensi antarabangsa.
	Kementerian Alam Sekitar dan Air (KASA)	Kementerian Alam Sekitar dan Air (KASA) mewakili Malaysia dalam mesyuarat Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM) UNEP dan mengemas kini isu-isu berkaitan nanoteknologi dan bahan-bahan nano dengan penasihat daripada NNC MOSTI selaku Pusat Nanoteknologi Kebangsaan.
	Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP)	- Kementerian Perdagangan Dalam Negeri dan Hal Ehwal Pengguna (KPDNHEP) menggubal dasar dan strategi serta menyemak perkara yang berkaitan dengan perdagangan dalam negeri khususnya Sektor Perdagangan, Pengedaran dan Kepenggunaan. - Skop kerja KPDNHEP merangkumi perdagangan domestik dan kepenggunaan. - Salah satu inisiatif KPDNHEP ialah Malaysian Consumer Product Safety (mySAFE) yang membolehkan peniaga dan pengguna memperoleh maklumat mengenai keselamatan produk khususnya untuk barang dan perkhidmatan di bawah kelolaan KPDNHEP.
	Jabatan Pertanian (DOA)	Jabatan Pertanian (DOA) mengawal pendaftaran racun perosak.

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan berkaitan Pembiayaan Nanoteknologi	Kementerian Pengajian Tinggi (KPT)	- Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) menyediakan pembiayaan untuk penyelidikan yang berkaitan nanoteknologi melalui Fundamental Research Grant Scheme (FRGS), Prototype Development Research Grant Scheme (PRGS), Transdisciplinary Research Grant Scheme (TRGS) dan Long-Term Research Grant Scheme (LRGS). - KPT telah menawarkan geran bernilai RM 741 juta selama dua tahun di bawah RMK-10 untuk pembangunan penyelidikan dan inovasi negara. Sebuah institusi pengajian tinggi yang bekerjasama dengan industri boleh memohon pembiayaan dengan Malaysia Laboratories for Academia-Business Collaboration (MyLAB) di bawah KPT.
	Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI)	Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) membiayai projek yang berkaitan dengan nanoteknologi di bawah NanoFund, TechnoFund, ScienceFund, NanoCOE Fund, R&D Grant dan International Collaboration Fund (ICF) serta MOSTI-Combating Covid-19 Fund.
	Malaysian Technology Development Corporation (MTDC)	- Malaysian Technology Development Corporation (MTDC) telah memainkan peranan utama dalam pengkomersialan teknologi di Malaysia dan usaha mempromosikan penggunaan teknologi oleh syarikat tempatan. - MTDC menjalankan perniagaan berkaitan Pengurusan Pembiayaan, Inkubasi, Penasihat dan khidmat pemupukan. - MTDC telah diberi kepercayaan oleh Kerajaan untuk menguruskan dua jenis Geran sejak 1997 (RMK-7): - Pengkomersialan Pembiayaan R&D (CRDF); dan - Pembiayaan Perolehan Teknologi (TAF) - Selain daripada dua pembiayaan ini, MTDC juga menawarkan pembiayaan seperti berikut: - Pembiayaan Pembangunan Teknologi Halal - Pembiayaan Permulaan Perniagaan - Pembiayaan Pertumbuhan Perniagaan - MTDC-microLEAP Peer-to-Peer - MTDC-pitchIN Equity Crowdfunding
	Malaysia Venture Capital Management Berhad (MAVCAP)	- Malaysia Venture Capital Management Berhad (MAVCAP) ialah syarikat teroka modal terkemuka dalam bidang teknologi yang membangunkan ekosistem teroka modal Malaysia melalui perkongsian pintar dan membolehkan akses kepada pembiayaan modal teroka untuk syarikat-syarikat teknologi. - Sehingga kini, MAVCAP mempunyai 11 jenis pembiayaan untuk teknousahawan. Salah satu daripada pembiayaan tersebut yang berkait rapat dengan nanoteknologi ialah Asia Greentech Fund I, LP (AGF). AGF bersedia melabur dalam syarikat yang beroperasi dalam sektor tenaga hijau seperti solar, hidro, sisa ke tenaga dan projek-projek tenaga hijau lain serta teknologi hijau dan alam sekitar di Asia.

BACAAN LANJUT

Senarai Kementerian/ Agensi/ Organisasi berkaitan nanoteknologi

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan berkaitan Pembiayaan Nanoteknologi	Cradle Fund Sdn. Bhd.	- Cradle Fund Sdn. Bhd. (Cradle) ialah agensi di bawah MOSTI yang mewujudkan ekosistem untuk menyokong persekitaran pembinaan perniagaan yang kuat dan inovatif untuk teknousahawan dan inovator melalui Cradle Investment Programme (CIP). - Cradle berazam membantu para teknousahawan iMalaysia menuju kejayaan. Jenis pembiayaan yang ditawarkan adalah seperti berikut: - CIP IGNITE (i): Penukaran daripada prototaip yang disahkan kepada produk/ perkhidmatan yang sedia untuk dipasarkan. - CIP IGNITE (ii): Pengkomersialan produk dan perkhidmatan. - CIP ACCELERATE: Pengkomersialan produk dan perkhidmatan. - Coach & Grow Programme (CGP): Program yang didorong pasaran yang menyediakan peralatan yang tepat kepada teknousahawan. - Angel Tax Incentive: Inisiatif baharu untuk menggalakkan lebih banyak pelaburan peringkat awal.
	Malaysia Debt Ventures Berhad (MDV)	- Malaysia Debt Ventures Berhad (MDV) ditubuhkan oleh kerajaan Malaysia pada tahun 2002 untuk menyediakan kemudahan pembiayaan yang fleksibel dan inovatif, dan kemudahan pembiayaan syariah untuk mengembangkan sektor ekonomi yang berimpak tinggi dan didorong oleh teknologi, yang telah dikenal pasti dan diutamakan oleh kerajaan sebagai enjin pertumbuhan masa depan negara. - MDV menyediakan kemudahan projek dan pembiayaan kepada syarikat teknologi berpotensi tinggi dan syarikat berasaskan teknologi. - MDV membantu membiayai syarikat baharu yang tidak dapat memperoleh dana dari institusi kewangan komersial kerana model perniagaan yang baharu, kekurangan rekod prestasi operasi dan kekurangan jaminan. - Mandat MDV diperluas kepada ICT, Bioteknologi dan Teknologi Hijau. Pada tahun 2014, Emerging Technology dimasukkan sebagai sebahagian daripada mandat teknologi MDV.
	Kumpulan Modal Perdana Sdn. Bhd (KMP)	- Kumpulan Modal Perdana Sdn. Bhd. (Modal Perdana) dimiliki sepenuhnya oleh Kementerian Kewangan. Modal Perdana adalah peneroka modal (VC) teknologi yang mengenal pasti golongan usahawan istimewa yang mempunyai idea yang luar biasa dan membantu mereka mengembangkannya untuk menjadi syarikat yang hebat. Modal Perdana diberi mandat untuk memfokus kepada perkembangan teknologi, sebagai sokongan kepada Model Inovasi Ekonomi Malaysia. - Pilihan pembiayaan yang disediakan adalah seperti berikut: - Dana Perdana - Dana Perdana Antarabangsa - Plug & Play Technology Holdings Sdn. Bhd. - Dana Eletronik & Elektrikal
	Kementerian Kesihatan (KKM)	- Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) mempunyai dana untuk Penyelidikan yang dapat menyokong dan menambah baik dasar, metodologi dan model penyelesaian yang mengikut keperluan KKM. - Objektif Geran Penyelidikan KKM adalah untuk: - Menaja penemuan saintifik yang baru untuk meningkatkan kesihatan dan menambah baik perkhidmatan penjagaan kesihatan. - Menyokong dan membiayai projek-projek R&D untuk menghasilkan pengetahuan dan penemuan baharu yang dapat menjadi pemangkin kepada teknologi inovatif dan pengembangan proses.

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Badan berkaitan Pembiayaan Nanoteknologi	Kementerian Pertanian dan Industri Makanan (MAFI)	- Kementerian Pertanian dan Industri Makanan (MAFI) menawarkan dana melalui Lembaga Pertubuhan Peladang (LPP). - Program Tabung Pembangunan Usahaniaga Peladang (TPUP) bertujuan meningkatkan dan mengukuhkan usahawan yang mempunyai jaringan perniagaan dengan LPP. - Pembiayaan di bawah TPUP antara lain bertujuan meningkatkan jumlah petani yang menghasilkan produk yang memenuhi standard tempatan dan dapat memasuki pasaran antarabangsa.
	Kementerian Perusahaan Perladangan dan Komoditi (KPPK)	Kementerian Perusahaan Perladangan dan Komoditi (KPPK) adalah kementerian yang bertanggungjawab untuk perladangan dan komoditi seperti kelapa sawit, koko, perhutanan dan kayu-kayan, mineral, nenas serta tembakau.
	Kementerian Tenaga dan Sumber Asli (KeTSA)	- Kementerian Tenaga dan Sumber Asli (KeTSA) bertanggungjawab ke atas tenaga, sumber asli, tanah, lombong, mineral, geosains, kepelbagaian biologi, hidupan liar, taman negara, perhutanan, pensurveian, pemetaan dan data geospacial. - Tabung Amanah Konservasi Sumber Asli Nasional (NCTF) ditubuhkan untuk menjalankan aktiviti berkaitan usaha-usaha pemuliharaan seperti komunikasi, pendidikan dan kesedaran awam, penyelidikan dan pembangunan, pengurusan, perlindungan dan mitigasi serta pengadaptasian perubahan iklim. Bidang tumpuan bagi pembiayaan ialah: - Pengurusan Sumber Asli - Penyelidikan dan Pembangunan - Pembinaan kapasiti - Mekanisma Pembiayaan yang lestari.
Bakat dan Pembudayaan Nanoteknologi	Kementerian Sumber Manusia (MOHR)	Kementerian Sumber Manusia Malaysia (MOHR) bertanggungjawab ke atas pembangunan kemahiran, tenaga buruh, keselamatan dan kesihatan pekerjaan, kesatuan pekerja, perhubungan industri, mahkamah perusahaan, maklumat dan analisis pasaran buruh dan keselamatan sosial.
	Malaysia Board of Technologists (MBOT)	- Lembaga Ahli Teknologi Malaysia (MBOT) ialah badan profesional yang memberi Pengiktirafan Profesional kepada Teknologis dan Juruteknik dalam bidang teknologi dan teknikal yang berkaitan. - Skop MBOT merangkumi profesion berasaskan teknologi merentasi pelbagai disiplin daripada peringkat konsepsi reka bentuk hingga kepada teknologi yang direalisasikan; dari segi kelayakan pula merangkumi Juruteknik (peringkat SKM/ Diploma) sehingga Teknologis (peringkat Ijazah Sarjana Muda dan yang lebih tinggi).
	Talent Corporation Malaysia Berhad	Agensi kebangsaan yang mendorong strategi bakat Malaysia ke arah menjadi hab bakat yang dinamik. Inisiatif TalentCorp adalah khusus untuk golongan profesional, pelajar, majikan dan rakan industri-akademia.
	Kementerian Pendidikan Malaysia	Kementerian Pendidikan Malaysia bertanggungjawab ke atas sistem pendidikan merangkumi pendidikan wajib, pra-universiti, pendidikan dan latihan teknikal dan vokasional (TVET), standard kurikulum, buku teks, ujian standard, dasar bahasa, terjemahan, dan sekolah terpilih dan komprehensif.

BACAAN LANJUT

Senarai Kementerian/ Agensi/ Organisasi berkaitan nanoteknologi

Kategori	Kementerian/ Agensi	Peranan
Bakat dan Pembudayaan Nanoteknologi	Pusat STEM Negara	• Pusat STEM Negara ialah institusi pembelajaran tidak formal yang diberi mandat untuk memupuk kesedaran, minat dan kefahaman tentang Sains dan Teknologi untuk meningkatkan pengetahuan warganegara Malaysia. • Pameran yang terletak di Pusat Sains Negara adalah berdasarkan pelbagai tema yang dibahagikan mengikut dua kategori utama iaitu Sains Fundamental dan Teknologi.
	Yayasan Hijau Malaysia (YHM)	• Penubuhan Yayasan Hijau Malaysia (YHM) bertujuan untuk mendidik para belia mengenai kepentingan dan manfaat teknologi hijau ke arah kehidupan lestari melalui pelaksanaan pelbagai program dan aktiviti. • YHM memainkan peranan penting dalam mempromosi dan menggalakkan penyertaan Entiti Korporat, Masyarakat dan orang awam ke arah amalan kehidupan hijau di Malaysia melalui inisiatif dan tajaan Tanggungjawab Korporat Sosial (CSR).
	Planetarium Negara	• Planetarium Negara telah berjaya menganjurkan beberapa projek pendidikan untuk sekolah dan orang awam. • Planetarium Negara memainkan peranan utama dalam meningkatkan kesedaran dalam kalangan masyarakat mengenai kepentingan sains angkasa dan telah mengorak langkah membawa Malaysia untuk menceburi bidang sains angkasa.
	Pusat Sains Negara	• Pusat Sains Negara ditubuhkan untuk membangunkan masyarakat saintifik dan progresif, iaitu masyarakat yang berinovatif dan berpandangan ke hadapan, yang bukan sahaja berperanan sebagai pengguna teknologi tetapi juga penyumbang kepada tamadun saintifik dan teknologi masa hadapan. • PSN telah merangka beberapa strategi yang bertujuan untuk memupuk kesedaran dan kefahaman orang awam agar menghargai sains dan teknologi.

*Nota – Tidak terhad kepada senarai di atas

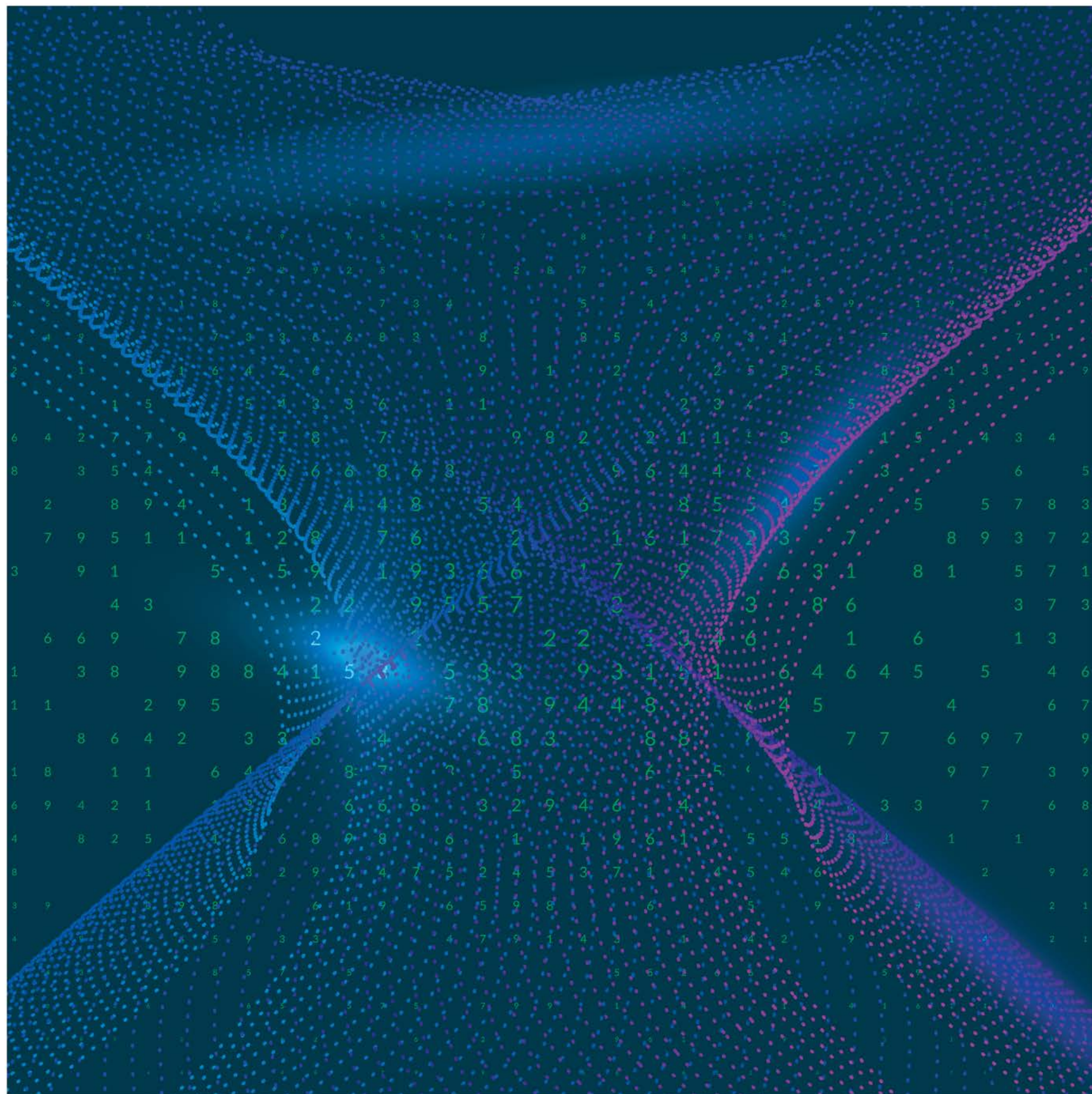
RUJUKAN

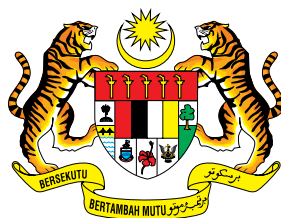
1. Akademi Sains Malaysia [2012]. IBSE Study.
2. Akademi Sains Malaysia [2015]. Science Outlook Report 2015: Science Outlook Action towards Vision.
3. Akademi Sains Malaysia [2017a]. ASM-MPN Study on New Economic Opportunities in STI-based Industries to serve Emerging Markets.
4. Akademi Sains Malaysia [2017b]. Science & Technology Foresight Malaysia 2050. Emerging Science, Engineering & Technology (ESET) Study.
5. Akademi Sains Malaysia [2018]. Science Outlook Report 2017.
6. Akademi Sains Malaysia [2020]. 33RD ideaXchange - Structural Changes in The Global Economy: Building an Agile and Resilient Malaysian STIE Ecosystem. Akademi Sains Malaysia, Kuala Lumpur.
7. Allen Ng. [2017]. The Times They Are A-Changin': Technology, Employment, and the Malaysian Economy. Discussion Paper 1/17, Khazanah Research Institute, Kuala Lumpur, dilayari pada September 22, 2020
8. Analysis 2020 Global Health Care Outlook: Laying a foundation for the future [2019]. Deloitte Insights, Deloitte Development LLC.
9. Bauer, M.W. and Suerdem, A. [2016]. Relating 'science culture' and innovation. Dalam: OECD Blue Sky Forum on Science and Innovation Indicators 2016, 19-21 September 2016, Ghent, Belgium.
10. BMBF [2016]. Action Plan Nanotechnology 2020, Germany. Dilayari pada pautan <<https://www.bam.de/SharedDocs/EN/Downloads/as-nano-action-plan-nanotechnology-2020.pdf?blob=publicationFile>>
11. China International Nanotech Cluster [2013] Suzhou Nanotech Newsletter Januari 2013. Dilayari pada 4 Oktober 2020, pautan <<http://archive.constantcontact.com/fs150/1102806679770/archive/1111892619509.html>>
12. Communication from the Commission - Towards a European strategy for nanotechnology [2004]. European Commission In: Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg.
13. Department of Occupational Safety and Health, Ministry of Human Resources, Malaysia [2018]. Guidelines on Control and Safe Handling of Nanomaterials.
14. Jabatan Statistik Malaysia, DOSM [2019]. Selected Agricultural Indicators Malaysia, dilayari pada September 21, 2020, pautan <https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/cthemeByCat&cat=72&bul_id=SEUxMEE3VFdBcDjhdUhPZVUxa2pKdz09&menu_id=Z0VTZGUiUHBUTiVJMFpaxRRR0xpdz09>
15. Jabatan Statistik Malaysia, DOSM [2020]. Monthly Manufacturing Statistics Malaysia, July 2020, dilayari pada September 21, 2020 pautan <https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/cthemeByCat&cat=90&bul_id=MWdxSkw5ZU0rVHdVQjM5RS9zbnV0dz09&menu_id=SjgwNXdiM0JIT3Q2TDBiWXdkdUVldz09>
16. Jabatan Statistik Malaysia, DOSM [2020] Newsletter Industri Elektrik dan Elektronik, DOSM/BPPIB/2.2020/Siri 30, 2020, dilayari pada Disember 27, 2020 pautan <https://www.dosm.gov.my/v1/uploads/files/6_Newsletter/Newsletter%202020/DOSM_BPPIB_2-2020_Siri_30.pdf>
17. Economic Planning Unit 2020, The Malaysian Economy in Figures, June 2020.
18. Ferrari, A. C., Bonaccorso, F., Fal'Ko, V., Novoselov, K. S., Roche, S., Bøggild, P., Pugno, N. [2015]. Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems. *Nanoscale*, 7(11), 4598-4810.
19. Halimatun Hamdan. [2014]. NanoMalaysia Programme [2011-2020]: engine of growth for innovative Malaysia. *Journal of Experimental Nanoscience*, vol. 9, no. 1, pp. 2-8.
20. Jade Chan. [2015]. Pushing for new growth engines, *The Star: Education*, diterbitkan pada 19 April 2015.
21. Juanola-Feliu, E., Samitier, J., & Valls-Pasola, J. [2010]. Nanobiotechnologies and nanomedicine: Organizational and market challenges in a technology convergence scenario.
22. Md. Ershadul Karim and Abu Bakar Munir [2015] Nanotechnology: Sketching the Next Big Thing in Malaysian Context. *Nanotechnology Law and Business* 12(2):161-172. ResearchGate.
23. MITI [2018]. Industry4WRD National Policy on Industry 4.0. Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri.
24. MITI [2019]. Malaysia External Trade Statistics: Trade Performance for 2019 and December 2019.
25. MITI [2020]. Trade & Economic Information Booklet 2020.
26. MOSTI, National Nanotechnology Statement 2010. Kuala Lumpur, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, Putrajaya.
27. MOSTI [2016] Precommercialization Fund [TechnoFund] Guidelines for Applicants. Secretariat Fund Division, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, Putrajaya, Malaysia, dilayari pada September 22, 2020 pautan <<https://edana.mosti.gov.my/edana/frontend/web/guidelines/technofund2016.pdf>>
28. MOSTI. [2020]. Carta Organisasi. Portal rasmi Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, dilayari pada September 21, 2020 pautan <<https://www.mestecc.gov.my/web/profil/organisation-chart/>>
29. MOSTI [2020]. Data from the survey of National Nanotechnology Centre. Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, Putrajaya, Malaysia.
30. MOSTI [2020]. ScienceFund Guidelines for Applicants. Fund Secretariat, Planning Division, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, Putrajaya, Malaysia, dilayari pada September 22, 2020 pautan <[https://umresearch.um.edu.my/Forms/External%20Grants/SCIENCE%20FUND%20\(MOSTI\)/Science%20fund%20Guidelines.pdf](https://umresearch.um.edu.my/Forms/External%20Grants/SCIENCE%20FUND%20(MOSTI)/Science%20fund%20Guidelines.pdf)>

RUJUKAN

31. Muhammad Nizam Awang & Zalina Zakaria. 2019. Nanotechnology Within Halal Legal Framework: Case Study of Nano-Based Food Products. *Journal of Fatwa Management and Research* Vol 17, No 1.3.
32. NanoMalaysia Berhad Strategic Report. [2019]. REVOLUTIoNT: A Revolution 4.0 the Internet of Nano-Things.
33. NanoMITe [2019]. Pembentangan Bagi Pemantauan Laporan Prestasi & Kewangan Program Penyelidikan di bawah Skim Geran Penyelidikan Jangka Panjang (LRGS). 2019. Global Research Consortium: Malaysia Institute for Innovative Nanotechnology [NanoMITe] Mac 2015 – Februari 2020, Universiti Teknologi Malaysia, dilayari pada September 11, 2020 pautan <nanomite.utm.my>
34. NanoVerify Sdn Bhd Data for Nanotechnology Malaysian Market. [2020]. NanoMalaysia Berhad.
35. National Nanotechnology Directorate [2011]. Garis Panduan Skim Geran Penyelidikan Nanoteknologi (GNPT).
36. NNC [2016] Draft National Nanotechnology Policy and Strategy 2016. Pusat Nanoteknologi Kebangsaan, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi.
37. NNI [2019a]. Coordination of the NNI. Dilayari pada pautan <<https://www.nano.gov/about-nni/what/coordination>>
38. NNI [2019b]. The National Nanotechnology Initiative: Supplement to President's 2020 Budget.
39. OECD [2009] OECD Key Nanotechnology Indicators, dilayari pada September 15, 2020 pautan <<https://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm>>
40. OECD Key Nanotechnology Indicators sourced through oe.cd/kni [Tarikh akhir dikemaskini Oktober 2019]
41. Peter C. Evans and Annabelle Gawer [2016]. The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey. The Emerging Platform Economy Series No. 1, dilayari pada September 16, 2020 pautan <<https://www.thecge.net/archived-papers/the-rise-of-the-platform-enterprise-a-global-survey/>>
42. Pusat Nanoteknologi Kebangsaan [2019]. Sesi Taklimat Dapatan Kaji Selidik Kebangsaan Kemampuan Terkini Nanoteknologi 2015-2019 dan Rangkaian Makmal Nanoteknologi Kebangsaan (RMNK), Pusat Nanoteknologi Kebangsaan, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi.
43. Scimago Journal & Country Rank. 2007 – 2020. Scimago Lab, dilayari pada September 21, 2020 pautan <<https://www.scimagojr.com/countryrank.php>>
44. Wawasan Kemakmuran Bersama 2030, 2019.
45. Song, J. Y. [2018]. Nanotechnology Policy and R&D in Korea. Kertas kerja dibentangkan semasa 15th Korea-US Forum on Nanotechnology.
46. Suraya [2018]. Skim dan geran yang ditawarkan KPT pada pautan <<https://people.utm.my/suraya/2018/01/29/prgs-trgs-frgs-and-lrgs-under-kpt-2018/>>
47. The Economic Planning Unit Prime Minister's Department [2006] Ninth Malaysia Plan 2006 – 2010. Putrajaya.
48. The Society: Malaysia Nanotechnology Association [2009]. Dilayari pada September 23, 2020 pautan <<http://www.mynano.my/?The-Society>>
49. Thomas O. Mensah, Ben Wang, Geoffrey Bothun, Jessica Winter, and Virginia Davis [2017]. Nanotechnology Commercialization: Manufacturing Processes and Products, General & Introductory Chemical Engineering.
50. Uda Hashim, Shahrir Salleh, and Elley Nadia Elliazir [2009]. Nanotechnology development in Malaysia: Current status and implementation strategy. *International Journal of Nanoelectronics and Materials*, vol. 2, no. 1, pp. 119-134.
51. UK Council for Science and Technology. 2007. Nanosciences and Nanotechnologies: A Review of Government's Progress on its Policy Commitments.
52. Universiti Sains Malaysia [2015] NanoMITe Grant Spurs USM to Intensify Research in Managing Global Warming.
53. Whitesides, G., Williams, R.S., Alivisatos, P., Mihail C. Roco. 2000. Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report: Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade. Springer Science & Business Media, Netherlands, edition 1, pp. 1-318.

RUJUKAN





**KEMENTERIAN SAINS,
TEKNOLOGI DAN INOVASI**

**DITERBITKAN OLEH:
KEMENTERIAN SAINS, TEKNOLOGI DAN INOVASI (MOSTI)**

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

MOSTI: 03-8885 8000

Faks: (603) 8888 9070

E-mel: enquiry@mosti.gov.my

Laman Sesawang: www.mosti.gov.my