



UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG
AL-SULTAN ABDULLAH

TRANSFORMASI DIGITAL

UNTUK EKONOMI DIGITAL,
MASYARAKAT DIGITAL
DAN KERAJAAN DIGITAL



Profesor Ir. Dr. Mohd Faizal Jamlos

MAJLIS SYARAHAN UMUM PROFESOR

TRANSFORMASI DIGITAL

**UNTUK EKONOMI DIGITAL,
MASYARAKAT DIGITAL
DAN KERAJAAN DIGITAL**

MAJLIS SYARAHAN UMUM PROFESOR

TRANSFORMASI DIGITAL

**UNTUK EKONOMI DIGITAL,
MASYARAKAT DIGITAL
DAN KERAJAAN DIGITAL**

Profesor Ir. Dr. Mohd Faizal Jamlos

Penerbit
Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah,
Kuantan
2024



UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG
AL-SULTAN ABDULLAH

Penerbit
Publisher

**Hakcipta © Universiti Malaysia Pahang,
Al-Sultan Abdullah, 2024**

Cetakan Pertama, Jun 2024

Hakcipta adalah terpelihara
Setiap bahagian daripada terbitan ini tidak boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau dipindahkan kepada bentuk lain, sama ada dengan cara elektronik, mekanikal, gambar, rakaman dan sebagainya tanpa mendapat izin daripada Penerbit Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah, Lebuh Persiaran Tun Khalil Yaakob, 26300 Gambang, Kuantan, Pahang Darul Makmur.



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia

ISBN 978-629-7641-00-0

Pengarah Penerbit : Dr. Mel
Ketua Editor : M. Azli
Editor : A. Humaira
Pembaca Pruf : A. Humaira
Reka Letak & Reka Kulit: R. W. Chamie
Pentadbiran : A. Azianti & F. W. Riann
Jualan & Pemasaran : N. H.

Share | Like | Tag
Online Shop: <https://msha.ke/penerbitump>
Official Page (FB) : Penerbit Universiti Malaysia Pahang
Official IG : Penerbitump

Diterbitkan Oleh

Penerbit

Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah
Lebuh Persiaran Tun Khalil Yaakob,
26300 Gambang, Kuantan,
Pahang Darul Makmur.
Tel: 09-431 5034

Urus Cetak

PNC Printing

No.2, Tingkat Bawah, Taman Damai Indah,
Peramu, 26600, Pekan, Pahang Darul Makmur
Tel: 09-425 2010

KANDUNGAN

Kandungan		v
Prakata		vii
Penghargaan		ix
Bab Satu	Evolusi Penjanaan Selular daripada 1G kepada 5G	1
	1.1 Revolusi Perindustrian	4
	1.2 Revolusi Perindustrian Pertama	5
	1.3 Revolusi Perindustrian Ketiga	8
	1.4 Revolusi Perindustrian Keempat	9
Bab Dua	Era Ekonomi Digital	11
	2.1 Apakah itu Ekonomi Digital	11
	2.2 Mengapakah Dkonomi Digital?	11
	2.3 Liputan Ekonomi Digital di Malaysia	13
	2.4 Cabaran Transformasi Digital di Malaysia	16
Bab Tiga	Peluang Ekonomi Transformasi Digital	19
	3.1 Teknologi Utama dengan Potensi Transformatif untuk Malaysia	20
	3.2 Aplikasi Teknologi Digital yang Disyorkan untuk Malaysia Seterusnya	23
Bab Empat	Menterjemah Rangka Kerja Strategi Pendigitalan Malaysia kepada Realiti	29
	4.1 Tenaga Pintar	30
	4.2 Pembuatan Pintar	32
	4.3 Pengangkutan Pintar dan Bandar Pintar	35

4.4	Penjagaan Kesihatan Pintar	38
4.5	Pertanian Pintar	40
4.6	Akuakultur Pintar	42
	Biodata Penulis	47
	Rujukan	49

PRAKATA

Buku ini bertujuan untuk menceritakan kronologi dan hubungan saling kait antara revolusi industri, transisi tenaga dan perubahan iklim dengan proses kepantasan adaptasi teknologi digilitasi negara. Digilitasi ialah teknologi yang dapat meningkatkan kualiti hidup, meningkatkan pertumbuhan ekonomi, membantu mengembalikan kelestarian alam dan meningkatkan daya saing. Infrastruktur, polisi dan kedudukan geografi Malaysia telah menggalakkan penembusan internet pada kadar 79%. Ianya juga telah berjaya mempengaruhi pemain teknologi digital antarabangsa seperti AWS, Microsoft, NVIDIA dan Google untuk membuka pusat data masing-masing di Malaysia dimana ia akan menjadi pemangkin kepada transformasi digital diadaptasi dengan lebih pantas. Perkomputeran awam, Data, infrastruktur telekomunikasi dan internet dan aplikasi adalah fundamental kepada teknologi digital. Setiap satu fundamental ini pula telah di serapi dengan teknologi kepintaran buatan untuk mengoptimumkan kos operasi, meningkatkan efisiensi, kebolehpayaan, dan keselamatan. Dataraya iaitu data yang mempunyai isi padu tinggi, halaju tinggi dan kepelbagaian tinggi menyumbang secara signifikan kepada keputusan, dasar dan polisi kerajaan yang betul, meningkatkan kecekapan perkhidmatan kerajaan dan memangkin ekonomi digital. Ekonomi digital global berkembang pada kadar 3.01% menjadikannya 44%, dimana 56% adalah ekonomi tradisional yang menurun sebanyak -2.84%. Teknologi digital dalam sektor pembuatan, minyak dan gas, agrikultur, tenaga dan utility dan pembangunan memandu kepada ekonomi digital yang lebih kukuh. Teknologi digital dalam pendidikan, kesihatan dan pengangkutan akan meningkatkan kualiti kehidupan masyarakat. Manakala teknologi digital oleh kerajaan akan memberi jaminan keselamatan, kemudahan perkhidmatan dalam talian dan bandar pintar untuk alam sekitar yang lestari.

PENGHARGAAN

Syukur atas keizinan dan petunjukNya, buku ini dapat dihasilkan. Jutaan penghargaan kepada keluarga dan sahabat atas dorongan dan doa. Terima kasih tidak terhingga kepada mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung atas usaha untuk buku ini disiapkan.

Terima kasih kepada guru-guru saya yang mengajar baca tulis dalam kesabaran dan memberi keberkatan dalam mendidik saya.

Semoga kebaikan dan kebahagiaan dunia akhirat mengirigi mereka sentiasa.

BAB SATU

EVOLUSI PENJANAAN SELULAR DARIPADA 1G KEPADA 5G

Sistem komunikasi wayarles generasi baharu telah dikeluarkan setiap dekad sejak kemunculan sistem komunikasi analog pada tahun 1980-an. Untuk mengembangkan sistem generasi baharu, perubahan pada kulit rangka kerja seperti spektrum, infrastruktur, algoritma, akses berbilang, modulasi dan protokol diperlukan untuk merealisasikan fungsi dan matlamat generasi baharu, selain meningkatkan kualiti metrik perkhidmatan (QoS) dan menyokong perkhidmatan atau ciri-ciri baharu.

Pada mulanya, 1G ialah punca kepada semua generasi mudah alih yang hanya menawarkan perkhidmatan suara dengan kadar data 2.4 kbps. Era 2G mempunyai lebih banyak teknik persaingan daripada 1G. Walaupun terdapat Interim Standard-95 (IS95) dan Personal Digital Cellular (PDC), Global System for Mobile communication (GSM) ialah sistem standard yang mendominasi. Untuk komunikasi suara mudah alih, 2G ialah pilihan terbaik, dengan kadar data 64 kbps. Pada tahun 2000, 3G mencapai matlamatnya untuk menyediakan rangkaian tanpa wayar dengan 2 Mbps sebagai kadar pemindahan data dan akses Internet berkelajuan tinggi, sekali gus membolehkan penstriman televisyen (TV), penyemakan imbas web, peta navigasi dan perkhidmatan video. Pada tahun 2010, 4G telah dilancarkan, dan ia menjadi pilihan Internet mudah alih yang paling berkesan. Walau bagaimanapun, 3G ialah rangkaian yang pertama menggambarkan Internet mudah alih dari segi peningkatan lebar jalur (*bandwith*) dan kelajuan data. Dalam era 4G, pilihan pintar dan teknologi baharu lain meningkat disebabkan peningkatan komunikasi.

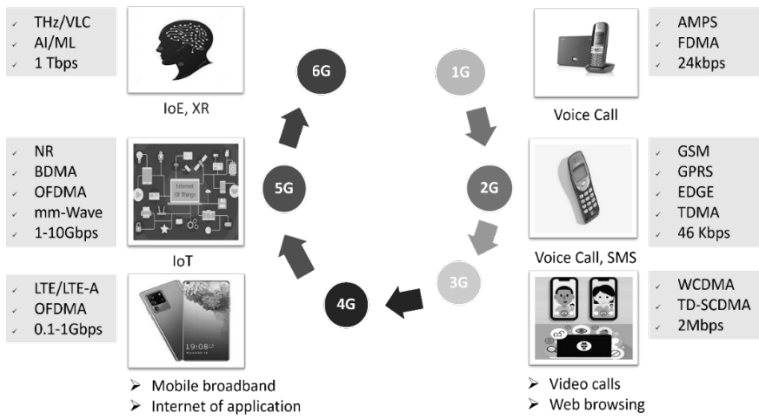
Matlamat 4G adalah untuk meningkatkan kapasiti suara dan data sambil meningkatkan kualiti keseluruhan pengalaman (QoE). 4G disediakan oleh dua sistem; WiMAX dan LTE. Evolved Node B (eNodeB) ialah stesen pangkalan 4G LTE yang memautkan kelengkapan pengguna (UE) ke rangkaian teras. Ciri-ciri 4G ialah rangkaian IP teras berasaskan IPV6 dan penggunaan OFDMA sebagai antara muka udara untuk menyediakan lebar jalur penghantaran berskala sehingga 20 MHz. Banyak perkhidmatan tersedia kepada pengguna 4G seperti suara berdefinisi tinggi, SMS, TV mudah alih, MMS, peranti boleh pakai, penstriman definisi tinggi, perayauan global dan perkhidmatan permainan.

Seterusnya, teknologi komunikasi 5G bertujuan memberikan kebolehpercayaan yang lebih tinggi, keselamatan yang lebih baik, kependaman yang lebih rendah, kecekapan spektrum yang lebih baik dan kapasiti yang lebih tinggi. Ini menawarkan nilai baharu sebagai teknologi asas yang membantu masyarakat dan industri, selain daripada perkhidmatan jalur lebar mudah alih dan Internet Pelbagai Benda (Internet of Things (IoT)). Tidak seperti generasi sebelumnya, seni bina 5G menggunakan jalur frekuensi berlesen dan tidak berlesen dari 3 GHz hingga 300 GHz dengan kadar data tinggi sehingga 1.0 Gbps. Sementara itu, VLC, MIMO besar-besaran, rangkaian radio kognitif (CRN), virtualisasi fungsi rangkaian (NFV), gelombang milimeter dan rangkaian tertakrif perisian (SDN) adalah sebahagian daripada teknologi yang menyokong 5G.

Jadual 1: Evolusi penjananaan wayarles mudah alih daripada 1G kepada 5G.

Ciri-ciri	1G	2G	3G	4G	5G
Tahun	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2030
Teknologi	AMPS	GSM, IS-90	CDMA2000, UMTS	LTE, LTE-A	NR
Zelajuan	2.4 kb/s	14.4-150kbs	3.1-14.7 Mb/s	100Mb/s-1 Gb/s	1 Gb/s
Sistem	Analog	Digital	Digital broadband	Digital broadband	Digital broadband
Frekuensi	800 – 900 MHz	850,900,1800,1900 MHz	850,900,1800,1900, 2100 MHz	2-8 GHz	3-300GHz
Lebar jalur	150kHz	5-20 MHz	25 MHz	100 MHz	1-2 GHz
Teras rangkaian	PSTN	PSTN	Packet network	Internet	Internet
Akses berbilang	FDMA	TDMA, CDMA	WCDMA	OFDMA	OFDMA, BDMA
Perkhidmatan utama	Voice	Voice, SMS	High speed Voice, Data	High-speed access, Video, VOIP	IoT
Jenis antenna	SISO	SISO	SISO	MIMO	Massive-MIMO
Posisi	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal, Vertical	Horizontal, Vertical
Suis	Circuit	Circuit	Packet	IP Network	IP Network
Kelebihan	Mobility	Secure, better power consumption	High internet speed	High data rate	Higher data rate Lower latency
Kelemahan	High energy consumption, lack of security	Low data rate	Increases power consumption to reduce the battery life of a device	More battery usage, limits the use of spectrum	Limited resources with high traffic volume

Evolusi Penjanaan Selular daripada 1G Kepada 5G



Rajah 1.1: Pembangunan penjanaan mudah alih daripada 1G kepada 6G

1.1 Revolusi Perindustrian

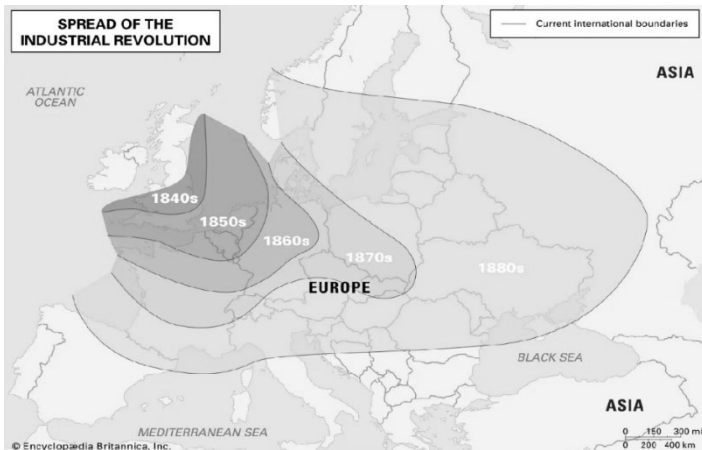
Revolusi Perindustrian merupakan tempoh transformatif yang mengubah ekonomi yang berasaskan pertanian dan kraftangan dikuasai oleh dunia industri dan pembuatan mesin. Proses ini bermula di England pada abad ke-18. Kemajuan teknologi utama dalam tempoh ini termasuk penggunaan besi dan keluli, penemuan sumber tenaga baharu, penciptaan mesin yang meningkatkan pengeluaran seperti enjin wap dan mesin putar, penubuhan sistem kilang, dan kemajuan ketara dalam pengangkutan dan komunikasi termasuk kereta api dan telegraf.

Pada mulanya, Revolusi Perindustrian hanya terhad kepada Britain dari 1760 hingga 1830, sebelum merebak ke Belgium dan Perancis. Negara-negara lain lebih perlahan untuk menjadi perindustrian, tetapi apabila Jerman, Amerika Syarikat dan Jepun mencapai kuasa perindustrian, mereka mengatasi kejayaan awal Britain. Negara-negara Eropah Timur tidak lagi menjadi industri memasuki abad ke-20, dan hanya pada pertengahan abad ke-20, Revolusi Perindustrian mencapai negara seperti China dan India.

Perindustrian membawa perubahan ketara dalam struktur ekonomi, politik dan sosial. Ini termasuk pengagihan kekayaan yang lebih luas dan peningkatan perdagangan antarabangsa, peralihan politik akibat perubahan dalam kuasa ekonomi, dan perubahan sosial yang menyeluruh seperti kebangkitan pergerakan kelas pekerja, pembangunan hierarki pengurusan untuk menguruskan pembahagian buruh, dan kemunculan baharu corak kuasa. Ia juga membawa kepada perjuangan menentang isu-isu seperti pencemaran industri dan kesesakan bandar.

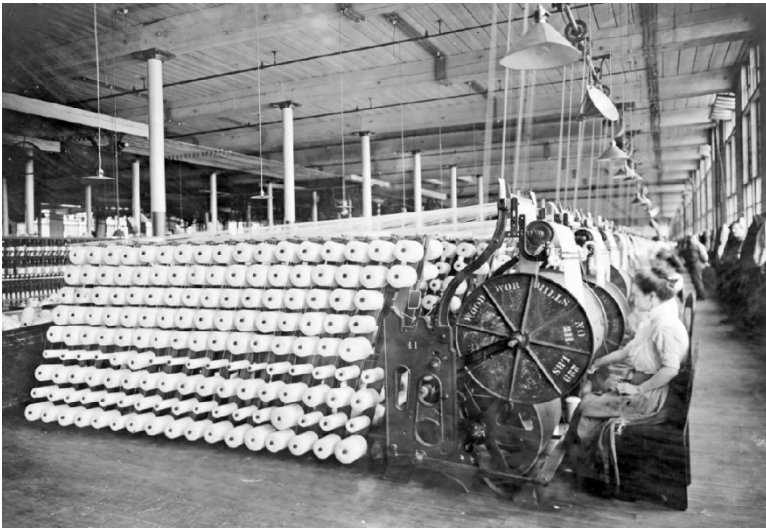
1.2 Revolusi Perindustrian Pertama

Revolusi Perindustrian merupakan tempoh transformatif yang mengubah ekonomi daripada berasaskan pertanian dan kraftangan kepada dikuasai oleh industri dan pembuatan mesin. Proses ini bermula di England pada abad ke-18. Kemajuan teknologi utama dalam tempoh ini termasuk penggunaan besi dan keluli, penemuan sumber tenaga baharu, penciptaan mesin yang meningkatkan pengeluaran seperti enjin wap dan mesin putar, penubuhan sistem kilang, dan kemajuan ketara dalam pengangkutan dan komunikasi, termasuk kereta api dan telegraf.



Rajah 1.2: Penyebaran Revolusi Perindustrian melalui Eropah pada abad ke-19 (*Sumber: Britannica*)

Walaupun banyak bertindih dengan yang "lama", terdapat bukti yang semakin meningkat untuk Revolusi Perindustrian "baharu" pada akhir abad ke-19 dan ke-20. Dari segi bahan asas, industri moden mula mengeksploitasi banyak sumber semula jadi dan sintetik yang tidak digunakan setakat ini; logam yang lebih ringan, nadi bumi, aloi baharu, dan produk sintetik seperti plastik, serta sumber tenaga baharu. Eksploitasi ini selari dengan perkembangan dalam mesin, alatan dan komputer yang mewujudkan kilang automatik. Walaupun beberapa segmen industri hampir sepenuhnya dijenterakan pada awal hingga pertengahan abad ke-19, operasi automatik yang berbeza daripada barisan pemasangan mula mencapai kepentingan utama pada separuh kedua abad ke-20.



Rajah 1.3: Wanita bekerja mesin di American Woolen Company, Boston, c. 1912 (*Sumber: Britannica*)

Walau bagaimanapun, tiada seorang pun daripada mereka yang cukup hebat untuk mencetuskan perubahan dramatik. Perubahan ini berlaku sebaliknya pada tahun 1870-an dengan pengenalan sistem berkuasa elektrik, telefon, dan barisan pemasangan.

Penghantaran elektrik pertama kali dikuasai pada tahun 1883, dengan penciptaan talian kuasa pertama. Sebaik sahaja perdebatan mengenai arus terus lawan arus ganti diselesaikan, memihak kepada yang terakhir, pengeluaran sistem elektrik secara besar-besaran dilepaskan. Lampu jalan, pengangkutan kereta api dan kilang ialah aplikasi pertama sistem elektrik baharu ini. Telefon dan telegraf juga menjadi mungkin berkat elektrik.

Satu lagi industri yang lahir dalam tempoh ini dan menyaksikan pertumbuhan pesat ialah industri automobil. Proses pembuatan kereta berkembang dengan melaksanakan barisan pemasangan, yang mana kereta dipasang secara berperingkat semasa ia melalui tali swat penyampai (*conveyor belt*). Revolusi perindustrian kedua berakhir pada tahun 1914, dengan bermulanya Perang Dunia Pertama.



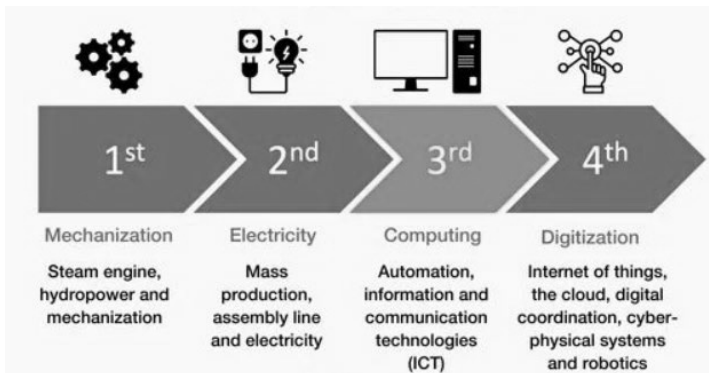
Rajah 1.4: Pekerja memasang tayar pada barisan pemasangan Ford Model T di Highland Park Plant, sekitar tahun 1925. Imej digunakan ihsan The Henry Ford (*Sumber: automasi kawalan*)

1.3 Revolusi Perindustrian Ketiga

Revolusi Perindustrian Pertama antaranya adalah berdasarkan unsur-unsur seperti penggunaan arang batu dan penumpuan modal. Revolusi Perindustrian Kedua pula berdasarkan pembangunan kereta api dan pengenalan bahan api fosil lain, seperti minyak. Revolusi Perindustrian Ketiga, sebaliknya, berdasarkan teknologi yang sangat berbeza, sehingga hubungan dengan yang sebelumnya jauh lebih lemah.

Revolusi perindustrian ketiga bermula pada tahun 1950-an, selepas tamatnya dua perang dunia. Walaupun ini bertepatan dengan penggunaan tenaga nuklear, pemangkin perubahannya ialah industri elektronik. Komputer pertama telah dibangunkan, begitu juga peranti automasi industri pertama. Dengan ciptaan pengawal logik boleh atur cara (PLC), keupayaan automasi membuatkan satu lagi lonjakan ke hadapan.

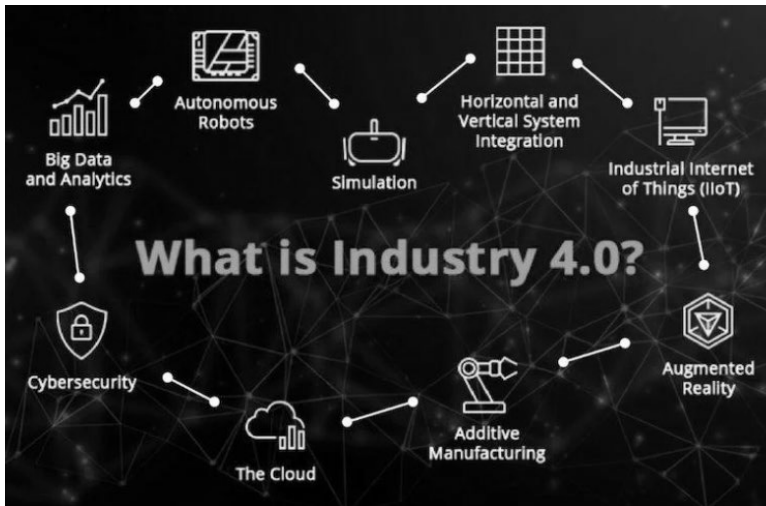
Kilang dan barisan pemasangan menyaksikan perkembangan proses automatik secara beransur-ansur. Pada mulanya, mekanisme automatik dan robot menggantikan tugas yang mudah tetapi berulang-ulang dan selalunya berat, dan membawa kepada automasi keseluruhan proses pengeluaran. Setelah itu, protokol komunikasi lanjutan diperkenalkan yang membenarkan pengendalian isipadu data yang lebih besar pada kadar kelajuan yang lebih pantas.



Rajah 1.5: Evolusi Perindustrian

1.4 Revolusi Perindustrian Keempat

Nama Industri 4.0 merujuk secara langsung kepada revolusi perindustrian keempat. Banyak industri sedang menjalankan satu lagi fasa evolusi pesat yang dicirikan oleh sistem pengeluaran yang sangat bersepadu. Industri 4.0 memperkenalkan konsep "kilang pintar", persekitaran pengeluaran yang sangat automatik dan bersambung. Internet Pelbagai Benda (IoT) dan sistem berasaskan awan ialah elemen utama kilang pintar.



Rajah 1.6: Pekerja memasang tayar pada barisan pemasangan Ford Model T di Highland Park Plant, sekitar tahun 1925. Imej digunakan ihsan The Henry Ford (*Sumber: automasi kawalan*)

Tiga Revolusi Perindustrian pada masa lalu, yang pertama berlaku di Britain pada abad ke-18, dengan mekanisasi. Revolusi Perindustrian Kedua berlaku sekitar awal abad ke-20 dengan proses pembuatan dan pemasangan yang lebih baik. Revolusi Perindustrian Ketiga berlaku pada tahun 1960-an dengan pelaksanaan teknologi digital. Industri 4.0 benar-benar mula terbentuk pada tahun 2010-an, apabila komputer menjadi lebih berkuasa dan Internet menjadi lebih saling berkaitan berbanding sebelum ini.

Industri 4.0 menjanjikan era baru dalam pembuatan, dengan teknologi baru seperti realiti tambahan, realiti maya, robot autonomi sepenuhnya dan banyak lagi. Disebabkan perkara ini masih berterusan dan agak baru, sesetengah pendapat tidak bersetuju bahawa ini adalah satu lagi revolusi perindustrian. Sebaliknya, mereka mencadangkan ini ialah kemuncak revolusi ketiga. Persepsi ini berkemungkinan datang daripada fakta bahawa teknologi yang digembar-gemburkan oleh Industri 4.0 masih belum direalisasikan sepenuhnya; oleh itu, impak mereka masih dapat dilihat.

BAB DUA

ERA EKONOMI DIGITAL

2.1 Apa itu Ekonomi Digital?

Ekonomi digital ditakrifkan sebagai aktiviti ekonomi dan sosial yang melibatkan pengeluaran dan penggunaan teknologi digital oleh individu, perniagaan dan kerajaan. Takrifan ekonomi digital berbeza di peringkat global. Sejak akhir 1990-an, pelbagai entiti termasuk institusi akademik dan organisasi antarabangsa telah memperkenalkan konsep ekonomi digital. Walaupun tidak mempunyai definisi universal, teknologi digital kekal sebagai kriteria asas dalam mentakrifkan ekonomi digital.

Malaysia mentakrifkan ekonomi digital sebagai:
“Aktiviti ekonomi dan sosial yang melibatkan pengeluaran dan penggunaan teknologi digital oleh individu, perniagaan dan kerajaan.”

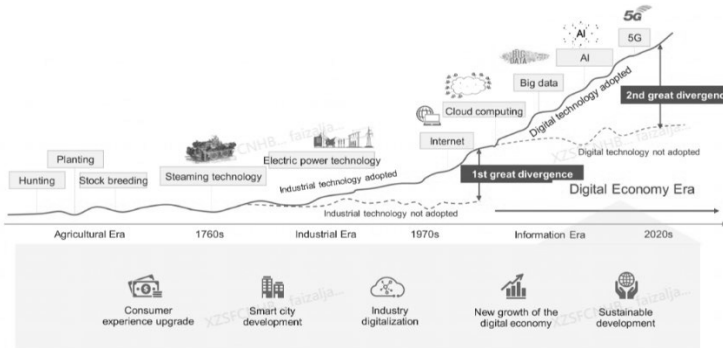
Takrifan ekonomi digital Malaysia berdasarkan penyelidikan, analisis dan penglibatan bersama dalam kalangan pemegang kepentingan utama dalam sektor awam dan swasta. Antara penyelidikan yang dirujuk termasuk daripada Pertubuhan Kerjasama dan Pembangunan Ekonomi (OECD), G20 dan kerajaan Australia dan Kanada.

2.2 Mengapa Ekonomi Digital?

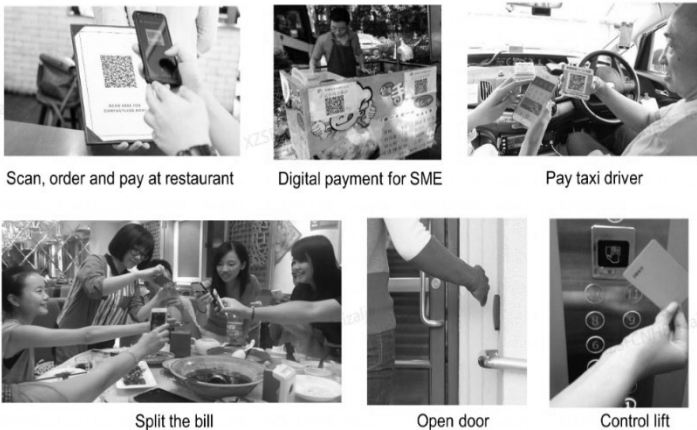
Ekonomi digital adalah hasil daripada industri 4.0 disebabkan penggunaan teknologi digital yang meluas. Menurut Forum Ekonomi Dunia, industri 4.0 melibatkan gabungan pelbagai teknologi yang semakin menggabungkan domain fizikal, digital dan biologi. Industri 4.0 juga membawa perubahan ketara dalam ekonomi, sama seperti revolusi perindustrian sebelum ini.

Transformasi Digital untuk Ekonomi Digital, Masyarakat Digital dan Kerajaan Digital

Perubahan yang berlaku pada hari ini sangat pesat dan tidak pernah berlaku sebelum ini. Ia telah menjejaskan hampir setiap industri di dunia dan telah mengubah cara pengeluaran, pengurusan dan pentadbiran. Lonjakan dalam penggunaan teknologi digital daripada industri 4.0 dan penyepaduan data akan mempercepat pertumbuhan ekonomi digital.



Rajah 2.1: Teknologi Digital Pemangkin Digital Ekonomi
(Sumber: Huawei)





Education
1:50 → 1:1000 students



Transportation
All by APP



Entertainment
Cinema → home



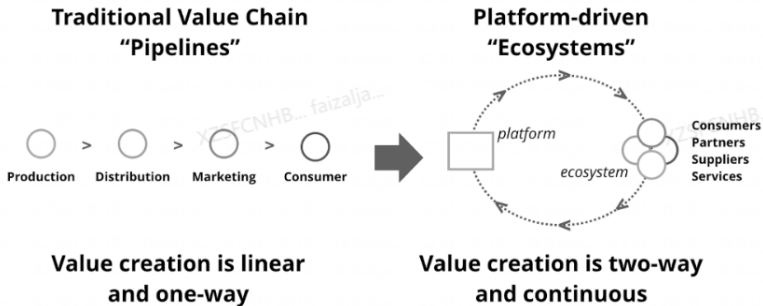
Medical treatment
1m → 10km distance



Manufacturing
Manual → automation



Finance
0 cash needed



Rajah 2.2: Perubahan kehidupan merentas individu, industri dan perniagaan (*Sumber: analisis AlphaBeta Google*)

2.3 Liputan Ekonomi Digital di Malaysia

Penduduk Malaysia berjumlah 34.49 juta pada Januari 2024 dengan median 31.0. Jumlah penduduk Malaysia dibahagikan mengikut kumpulan umur 7.4% adalah antara umur 0 dan 4, 12.1% antara umur 5 dan 12, 7.4% antara umur 13 dan 17, 11.2% antara umur 18 dan 24, 17.3% antara umur 25 dan 34, 16.3% antara umur 35 dan 44, 11.6% antara umur 45 dan 54, 8.8% antara umur 55 dan 64 dan 7.9% berumur 65 tahun ke atas.

Penerimaan ini secara asasnya diperkukuh oleh sambungan Internet di seluruh negara di mana data yang diterbitkan oleh Ookla menunjukkan bahawa pengguna Internet di Malaysia boleh

meningkatkan kelajuan sambungan Internet berikut pada awal tahun 2024 yang mana kelajuan sambungan Internet mudah alih median melalui rangkaian selular ialah 66.64 Mbps manakala median internet tetap kelajuan sambungan ialah 112.21 Mbps. Data Ookla mendedahkan bahawa kelajuan sambungan internet mudah alih median di Malaysia meningkat sebanyak 30.30 Mbps (+83.4 peratus) dalam tempoh 12 bulan hingga permulaan 2024. Sementara itu, data Ookla menunjukkan kelajuan sambungan Internet tetap di Malaysia meningkat sebanyak 20.68 Mbps (+22.6 peratus) dalam tempoh yang sama (sumber: *Datareportal*).

Terdapat 33.59 juta pengguna Internet pada awal tahun 2024, apabila penembusan internet mencapai 97.4%, mencerminkan penggunaan digital di Malaysia. Malaysia ialah rumah kepada 28.68 juta pengguna media sosial pada Januari 2024, bersamaan dengan 83.1% daripada jumlah penduduk (sumber: DOSM). Sejumlah 44.55 juta sambungan mudah alih selular aktif di Malaysia pada awal 2024, dengan angka ini bersamaan dengan 129.2% daripada jumlah penduduk. 28.68 juta daripada 33.59 juta pengguna Internet meliputi 85% pengguna ialah identiti pengguna media sosial yang aktif di Malaysia pada Januari 2024. Statistik tajuk ini menawarkan gambaran keseluruhan yang hebat tentang penggunaan digital di Malaysia.

Ekonomi digital Malaysia berkembang pesat dan telah dikenal pasti oleh kerajaan sebagai bidang pertumbuhan utama. Untuk menangkap peluang yang muncul daripada ekonomi digitalnya, yang juga dilihat sebagai tunjang utama pertumbuhan ekonomi, Kerajaan Malaysia melancarkan “Pelan Tindakan Ekonomi Digital Malaysia” (“MyDIGITAL”) pada Februari 2021. Strategi kerajaan bertujuan mengubah negara menjadi sebuah dipacu secara digital, negara berpendapatan tinggi dan peneraju serantau dalam ekonomi digital menjelang 2030 (Sumber: Unit Perancang Ekonomi, Jabatan Perdana Menteri (2018), Pelan Tindakan Ekonomi Digital Malaysia).

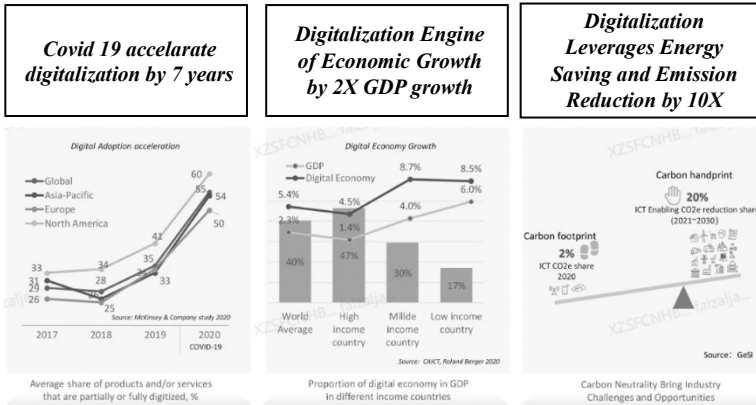
Walau bagaimanapun, penggunaan digital kekal rendah dan tidak sekata merentas saiz dan sektor perniagaan. Secara umumnya, perniagaan di Malaysia ketinggalan dalam penggunaan

aplikasi digital mereka; hanya satu pertiga daripada perniagaan Malaysia mempunyai laman web, berbanding 44% tersedia di seluruh dunia. Selain itu, penggunaan digital adalah tidak sekata merentas sektor ekonomi dan saiz perusahaan (Sumber: Kumpulan Bank Dunia, *Ekonomi Digital Malaysia: Pemacu pembangunan baharu*). Walaupun purata kadar penembusan Internet perniagaan di negara ini mencapai 78%, penggunaan Internet sangat tertumpu dalam sektor pembuatan sebanyak 95% tetapi ketinggalan dalam sektor lain seperti pertanian pada 61%.

Tidak seperti firma besar, penggunaan digital dalam kalangan perusahaan kecil dan sederhana (PKS) ditunjukkan lebih rendah. Walaupun hampir semua PKS di Malaysia menggunakan sama ada peranti pintar atau komputer peribadi, kajian PKS yang dijalankan pada Jun 2018 mendapati bahawa penggunaan teknologi ICT lain, melangkaui pengkomputeran asas dan statistik, yang memberi kesan ke atas produktiviti perniagaan adalah kurang daripada 20% dalam 2018 (Sumber: Huawei, *Mempercepatkan PKS Digital Malaysia: Melarikan Diri dari Perangkat Pengkomputeran*). Kekurangan kemahiran digital dan kos pelaburan yang dianggap tinggi dalam alat digital disebut oleh agensi ekonomi digital negara, *Malaysia Digital Economy Corporation* (MDEC) sebagai sebab utama kadar penggunaan digital yang rendah dalam kalangan PKS (Sumber: *The Edge Markets* (2020)). Faktor yang menghalang penggunaan digital dalam kalangan PKS termasuk kekurangan pengetahuan, pelaburan dan aliran tunai.

Pandemik COVID-19 telah meningkatkan kepentingan transformasi digital dalam mempercepat pemulihan ekonomi jangka pendek dan meningkatkan daya tahan ekonomi jangka panjang. Satu kajian mendapati, di peringkat global, wabak itu telah mendorong revolusi digital dengan berkesan selama tujuh tahun, memberikan peluang kepada Malaysia untuk mengharungi gelombang digital seterusnya. Transformasi digital akan menjadi penting untuk meningkatkan usaha pemulihan ekonomi Malaysia dan meningkatkan daya tahan jangka panjang ekonominya pada masa depan pasca pandemik.

Transformasi Digital untuk Ekonomi Digital, Masyarakat Digital dan Kerajaan Digital



Rajah 9: Cabaran dan peluang perkembangan Digital Ekonomi (Sumber: Huawei)

2.4 Cabaran Transformasi Digital di Malaysia

Tiga tonggak tindakan diperlukan untuk Malaysia mencapai peluang digital sepenuhnya. Walaupun Malaysia sudah mencapai kemajuan yang ketara dalam beberapa bidang ini, terdapat skop bagi negara untuk meneruskan lagi beberapa bahagian agenda dasarnya. Pertama, penting bagi Malaysia untuk memudahkan pendigitalan dalam kedua-dua sektor awam dan swasta. Walaupun kerajaan mempunyai pelbagai dasar yang komprehensif untuk mentransformasikan kedua-dua sektor swasta dan awam secara digital, terdapat skop bagi kerajaan untuk memberikan sokongan selanjutnya kepada perniagaan sektor swasta, terutamanya PKS, dalam mempercepat usaha penggunaan digital mereka.

Memandangkan kos yang dirasakan tinggi dan kekurangan akses kepada bakat digital dilihat sebagai halangan utama kepada penggunaan digital, lebih banyak lagi boleh dilakukan untuk mengurangkan halangan kepada penggunaan digital ini untuk PKS dengan menyediakan subsidi tambahan untuk syarikat membina keupayaan digital mereka.

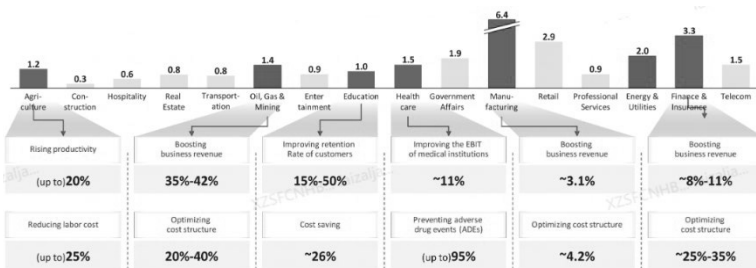
Untuk meningkatkan kebolehpercayaan dan kelajuan sambungan Internet, negara perlu menambah baik infrastruktur digitalnya dan memastikan capaian Internet mampu milik dan boleh dipercayai untuk semua rakyat Malaysia. Dalam jangka masa yang lebih panjang, Malaysia boleh membenamkan fokus yang lebih kukuh pada transformasi digital model perniagaan tradisional dan melabur dalam teknologi yang baru muncul untuk meningkatkan daya tahan perniagaan dan kemampuan selepas wabak seperti membiayai pembangunan teknologi baharu dan baru muncul untuk menangani perubahan iklim. misalnya teknologi hidrogen dan kenderaan elektrik.

Seterusnya, terdapat skop untuk membina bakat digital negara. Malaysia boleh melengkapkan pendidikan kemahiran digitalnya dengan memfokuskan kepada kemahiran insaniah seperti penyelesaian masalah, pemikiran kritis dan pembelajaran adaptif yang penting untuk tenaga kerja masa depan bagi mengekalkan daya tahan dalam landskap kemahiran digital yang sentiasa berkembang (sumber: AlphaBeta, ditauliahkan oleh Perkhidmatan Web Amazon, Membuka Kunci Potensi Digital APAC: Mengubah Keperluan Kemahiran Digital dan Pendekatan Dasar). Tambahan pula, syarikat-syarikat di Malaysia lebih cenderung untuk mengambil kakitangan baharu dengan kemahiran yang berkaitan dengan teknologi baharu dan bukannya melatih semula pekerja sedia ada. Negara boleh memberikan insentif untuk mengalihkan minda majikan ke arah melatih semula sebagai pilihan pertama. Ini merujuk kepada mengutamakan peningkatan kemahiran pekerja sedia ada berbanding memecat dan mengambil pekerja atau penyumberan luar, dan menyesuaikan latihan digital dalaman dengan keperluan pekerja.

BAB TIGA

PELUANG EKONOMI TRANSFORMASI DIGITAL

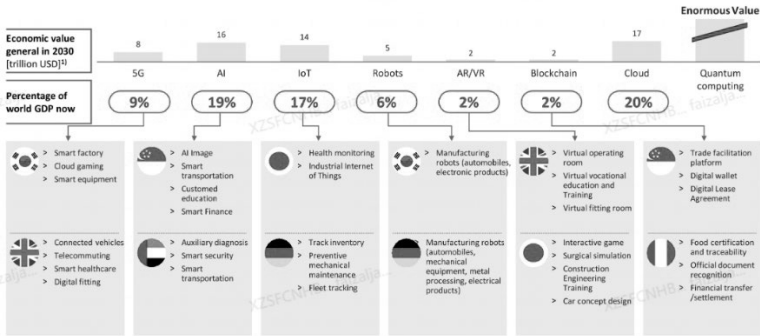
Transformasi digital memberikan manfaat yang ketara merentasi semua sektor ekonomi. Di luar sektor teknologi, teknologi digital boleh membawa impak transformatif pada sektor tradisional seperti pembuatan, pengguna, runcit dan hospitaliti, pendidikan, tenaga & utiliti, minyak, gas, perlombongan, pertanian dan penjagaan kesihatan.



Rajah 10: Pendigitalan membawa nilai kepada industri
(Sumber: Roland Berger)

Penggunaan digital juga penting bagi negara untuk meningkatkan pemulihan ekonomi daripada pandemik COVID-19 dan membangunkan daya tahan pada masa depan selepas pandemik. Dengan menyokong perniagaan dalam melibatkan pelanggan secara digital, menyambung semula operasi perniagaan dan meminimumkan kesesakan logistik di tengah-tengah gangguan rantaian bekalan, teknologi digital boleh membantu perniagaan mengurus kesan ekonomi akibat pandemik COVID-19. Dianggarkan 75% peluang digital semasa datang daripada teknologi yang membantu mengurangkan kesan ekonomi akibat pandemik COVID-19 iaitu sebagai 4.5G/5G, AI, IoT, Robotik, AR/VR, Blockchain dan pengkomputeran awan.

Transformasi Digital untuk Ekonomi Digital, Masyarakat Digital dan Kerajaan Digital

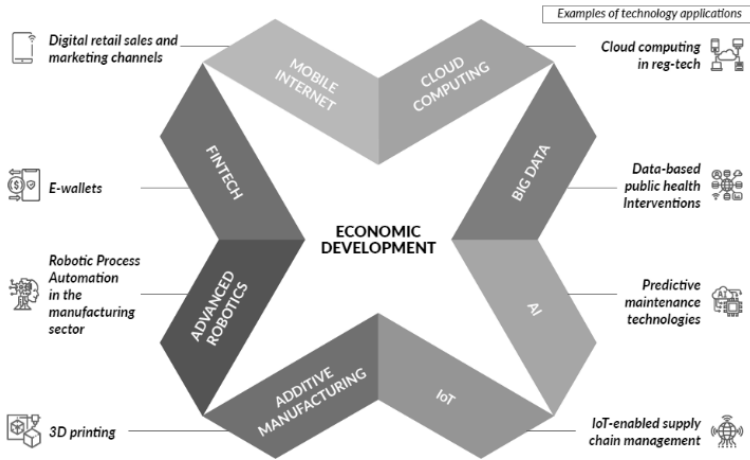


Rajah 11: Teknologi utama membawa kepada pendigitalan
(Sumber: Roland Berger)

3.1 Teknologi Utama dengan Potensi Transformatif untuk Malaysia

Lapan teknologi utama memegang potensi transformatif untuk perniagaan dan pekerja di Malaysia. Ini termasuk Internet mudah alih; pengkomputeran awan; data besar; kepintaran buatan (AI); teknologi kewangan (Fintech); Internet Pelbagai Benda (IoT) dan penderiaan jauh; robotik canggih; dan pembuatan bahan tambahan. Dengan membenarkan penciptaan model perniagaan baharu dan penjimatan produktiviti, teknologi ini boleh mencipta nilai ekonomi yang signifikan untuk Malaysia.

Peluang Ekonomi Transformasi Digital



Rajah 3.1: Penyelidikan semasa mencerminkan lapang teknologi transformatif dengan potensi ekonomi yang teguh
(Sumber: analisis AlphaBeta Google)

Peningkatan pesat telefon pintar dan peningkatan yang berkaitan dalam kadar penembusan Internet mudah alih telah mempercepat pertumbuhan perkhidmatan Internet di seluruh dunia. Walaupun Internet mudah alih di Malaysia telah memacu penggunaan model perniagaan baharu seperti ekonomi aplikasi, perkhidmatan *over-the-top* (OTT) dan perdagangan mudah alih, terdapat beberapa aplikasi berdaya Internet mudah alih yang masih belum menerima pakai sepenuhnya dalam negara. Ini termasuk penggunaan aplikasi telekesihatan mudah alih dalam sektor kesihatan dan penggunaan e-perkhidmatan kerajaan berasaskan telefon pintar untuk menyelaraskan penyampaian perkhidmatan awam.

Merujuk kepada penyampaian sumber teknologi maklumat melalui Internet, teknologi pengkomputeran awan membenarkan individu dan entiti mengakses perkhidmatan teknologi seperti kuasa pengkomputeran yang dipertingkatkan dan alat penyimpanan dan pengurusan data mengikut keperluan. Membeli, memiliki dan menyelenggara pusat data dan pelayan fizikal boleh membebaskan kos, terutamanya untuk PKS. Selain itu,

pengehosan awan awam meningkatkan produktiviti dengan menyediakan alatan produktiviti tersuai, membolehkan keselamatan yang dipertingkatkan dan menyediakan sumber atas dasar permintaan. Pengkomputeran awan juga menjadi penting untuk memanfaatkan teknologi lain seperti AI dan pembelajaran mesin.

Data besar, dan analisisnya merujuk kepada keupayaan untuk menganalisis isipadu data yang sangat besar, mengekstrak cerapan dan bertindak ke atasnya – selalunya dalam atau hampir dengan masa nyata. Analitis ramalan boleh membantu pekerja dan perniagaan menganalisis pilihan pelanggan dengan lebih berkesan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan. Dengan maklumat yang diperoleh daripada analisis, perniagaan juga boleh mereka bentuk program yang disasarkan untuk penglibatan pelanggan.

Kecerdasan Buatan (AI) merujuk kepada keupayaan perisian atau perkakasan untuk mempamerkan kecerdasan seperti manusia. Ini memerlukan satu set teknologi yang membolehkan komputer melihat, belajar, menaakul dan membantu dalam membuat keputusan untuk menyelesaikan masalah dengan cara yang serupa dengan apa yang dilakukan oleh manusia. Contoh aplikasi AI termasuk enjin carian, pembantu maya, kenderaan autonomi dan alat pengecaman pertuturan.

Teknologi kewangan (Fintech), kadangkala dirujuk sebagai Perkhidmatan Kewangan Digital (DFS), Fintech telah memainkan peranan penting dalam meningkatkan sektor perkhidmatan kewangan melalui memudahkan deposit, pembayaran dan menyediakan individu akses kepada produk kewangan yang lebih maju seperti pinjaman, simpanan dan pelaburan. Antara contoh lain adalah dalam penggunaan tanpa tunai oleh kebanyakan pengguna dalam sektor runcit dan hospitaliti.

Internet Pelbagai Benda (IoT) dan sistem penderiaan jauh berkaitan dengan rangkaian objek fizikal yang dibenamkan dengan penderia, perisian dan teknologi lain untuk tujuan menyambung dan bertukar data dengan peranti dan sistem lain melalui Internet. Sistem ini boleh memantau dan mengurus

prestasi objek dan mesin yang disambungkan. IoT mempunyai beberapa aplikasi merentas sektor yang mempunyai potensi ekonomi yang ketara; peranti boleh pakai yang dapat membantu memantau dan mengekalkan kesihatan dan kesejahteraan bagi mengurangkan perbelanjaan kesihatan awam; penggunaan tenaga boleh dipantau dan dioptimumkan dalam bangunan; penggunaan peralatan yang boleh dipertingkatkan; dan prestasi kesihatan dan keselamatan kilang yang bertambah baik.

Saban tahun, kini penggunaan robot adalah asas di sektor perkilangan dan dalam ekonomi matang di Malaysia, lebih-lebih lagi dengan kemunculan robotik canggih yang membolehkan pelbagai tugas dilakukan oleh robot. Berbanding dengan robot konvensional, robot canggih mempunyai persepsi yang unggul, kebolehintegrasian, kebolehsuaian dan mobiliti. Penambahbaikan ini membenarkan persediaan yang lebih pantas, konfigurasi semula serta operasi yang lebih cekap dan stabil. Sebagai contoh dalam sektor pembuatan, robotik termaju boleh meningkatkan produktiviti dan fleksibiliti dalam kedua-dua kilang dan rantaian bekalan yang membolehkan pengeluar menyesuaikan diri dengan pantas kepada keperluan pelanggan yang berubah-ubah. Pembuatan aditif ialah teknologi yang membina objek 3D dengan menambahkan lapisan demi lapisan bahan. Terdapat pelbagai potensi manfaat seperti keupayaan untuk mengendalikan komponen isipadu rendah yang kompleks yang mana pemuliharaan pantas adalah kritikal.

3.2 Aplikasi Teknologi Digital yang Disyorkan untuk Malaysia Seterusnya

Memandangkan gabungan potensi nilai ekonomi dalam aplikasi teknologi seperti di bawah, dianggarkan bahawa, teknologi digital boleh mencipta nilai ekonomi tahunan sebanyak MYR257.2 bilion, USD61.3 bilion menjelang 2030 (sumber: nilai ekonomi merujuk kepada kenaikan KDNK, peningkatan produktiviti, penjimatan kos, penjimatan masa, peningkatan hasil, kenaikan gaji dan peningkatan kutipan cukai). Untuk meletakkan angka ini dalam perspektif, ini bersamaan dengan hampir 50% daripada

KDNK Malaysia pada tahun 2023 (sumber: analisis AlphaBeta Google).



























































Terdapat potensi besar untuk aplikasi teknologi seperti analisis data besar, pembuatan aditif, pengurusan rantaian bekalan dan robotik termaju untuk mencipta nilai ekonomi dalam sektor pembuatan. Dengan menambah baik ramalan permintaan dan perancangan pengeluaran yang membawa kepada peningkatan kecekapan dalam memenuhi keperluan pelanggan, telah dianggarkan bahawa penggunaan analisis data besar boleh membawa peningkatan 2.5% hingga 3% dalam margin keuntungan pengeluar (sumber: McKinsey Global Institute, data besar: sempadan seterusnya untuk inovasi, persaingan dan produktiviti).

Banyak perniagaan runcit dan makanan dan minuman (F&B) Malaysia beralih kepada platform dalam talian seperti pasaran e-dagang dan aplikasi mudah alih untuk mendigitalkan tawaran mereka kepada pelanggan. Dalam industri runcit, keuntungan produktiviti daripada pemasaran dan penjualan barangan melalui saluran digital telah dianggarkan berkisar antara 6% hingga 15%, ini timbul akibat dapat mengurangkan keperluan buruh, memanfaatkan kecekapan inventori, dan mengurangkan kos hartanah, misalnya penyewaan ruang stor.

Terdapat skop yang luas bagi kerajaan untuk meningkatkan penyampaian perkhidmatan dan kecekapan kos menggunakan teknologi digital. Teknologi sedemikian termasuk mendigitalkan perkhidmatan kerajaan, pengkomputeran awan, e-perolehan dan kutipan cukai yang didayakan Sistem Maklumat Geografi (GIS). Sebagai contoh, e-perolehan boleh menjimatkan perbelanjaan kerajaan sehingga 5% dan antara 50% dan 80% kos transaksi (sumber: Organisasi untuk Kerjasama dan Pembangunan Ekonomi [OECD], e-perolehan untuk tadbir urus dan pembangunan yang baik di Itali, Afrika Utara, dan Timur Tengah).

Teknologi digital seperti Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dan penyelenggaraan ramalan boleh menjana penjimatan kos yang ketara dan meningkatkan ketepatan dalam proses

pembinaan. Kecekapan kos boleh timbul kerana keperluan sumber yang lebih rendah. Kajian kes global telah menunjukkan bahawa percetakan 3D, pembinaan modular dan BIM boleh mengurangkan sisa pembinaan dan perobohan masing-masing sebanyak 30%, 50% dan 45 peratus (sumber: McKinsey & Company (2019), pembinaan modular: daripada projek kepada produk).

Agriculture & food 	Consumer, retail & hospitality 	Education & training 	Financial services 
<ul style="list-style-type: none">  Precision farming technologies  IoT-enabled supply chain management  Food safety technologies 	<ul style="list-style-type: none">  Digital retail sales and marketing channels  IoT-enabled inventory management  Automation & AI customer service in hotels  Data analytics on travel patterns  Online F&B delivery channels 	<ul style="list-style-type: none">  E-career centres and digital jobs platforms  Personalised learning  Online retraining programmes 	<ul style="list-style-type: none">  Big data analytics  Reg tech  Digital banking services
Government 	Health 	Infrastructure 	Manufacturing 
<ul style="list-style-type: none">  E-services  Cloud computing  E-procurement  Geographic Info. System enabled tax collection  Data analytics for government transfer payments 	<ul style="list-style-type: none">  Remote patient monitoring  Telehealth applications  Data-based public health interventions  Detection of counterfeit pharmaceutical drugs  Smart medical devices  Electronic medical records 	<ul style="list-style-type: none">  Smart grids  5D BIM & project management technologies  Predictive maintenance technologies  Smart buildings 	<ul style="list-style-type: none">  Big data analytics  Additive manufacturing  IoT-enabled supply chain management  Automation & robotics
Resources 	Transport services 	Key technologies: <ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;"> Mobile Internet <li style="width: 50%;"> Fintech <li style="width: 50%;"> Advanced robotics <li style="width: 50%;"> Additive manufacturing <li style="width: 50%;"> Cloud computing <li style="width: 50%;"> Big Data <li style="width: 50%;"> AI <li style="width: 50%;"> IoT 	
<ul style="list-style-type: none">  Smart exploration and automation in mining operations  Predictive safety technologies  Predictive maintenance technologies 	<ul style="list-style-type: none">  Smart roads  Smart ports  Autonomous vehicles  Geospatial services 		

Rajah 3.2: Beberapa aplikasi teknologi digital disyorkan untuk Malaysia

Merujuk rajah 3.2, dengan adanya aplikasi teknologi digital, ini membolehkan kesinambungan operasi perniagaan di tengah-tengah pengaturan kerja jauh. Memandangkan langkah berjaga-jaga dilaksanakan di tempat kerja untuk menjaga kesihatan dan keselamatan pekerja yang mengakibatkan pengurangan pekerja di tapak yang telah mengurangkan kapasiti operasi untuk banyak perniagaan, sesetengah perniagaan beralih kepada pengaturan kerja jauh selama-lamanya. Pelbagai teknologi digital membolehkan kesinambungan perniagaan dengan memudahkan kerjasama maya dalam kalangan rakan sekerja mengautomatiskan proses pengeluaran dan mengawal operasi fizikal secara jarak jauh dari lokasi luar tapak. Contoh aplikasi teknologi yang berkaitan termasuk automasi dan perkhidmatan pelanggan AI di hotel, pemantauan pesakit jauh dan robotik di hospital, dan automasi dalam pembuatan.

Seterusnya, hal ini dapat mengurangkan kesesakan logistik di tengah-tengah gangguan rantaian bekalan global dan serantau yang disebabkan oleh wabak itu. Perniagaan terpaksa berhadapan dengan gangguan rantaian bekalan apabila langkah penutupan memotong bekalan bahan mentah dan komponen penting yang mengakibatkan kelewatan ketibaan komponen utama. Gangguan ini boleh diuruskan oleh teknologi yang membolehkan pengesanan jauh barangan yang merentasi sempadan, dan meningkatkan keupayaan perniagaan untuk mencari dan beralih kepada saluran atau sumber alternatif. Contoh aplikasi teknologi yang berkaitan termasuk pengurusan rantaian bekalan yang didayakan IoT dalam sektor pertanian dan pembuatan dan pelabuhan pintar. Dibenamkan dalam rangkaian pengedaran; analitik operasi dipacu data sensor daripada peranti IoT, seperti pelaporan jauh lokasi barangan membolehkan perniagaan mengoptimumkan pengangkutan dan meningkatkan pengurusan pengedaran mereka.

Penerimaan IoT dalam rantaian bekalan pembuatan boleh mengurangkan kos operasi rantaian pengedaran dan bekalan sebanyak 2.5% hingga 5% (sumber: Institut Global McKinsey, data besar: sempadan seterusnya untuk inovasi, persaingan dan produktiviti). IoT juga mempunyai aplikasi dalam bentuk port

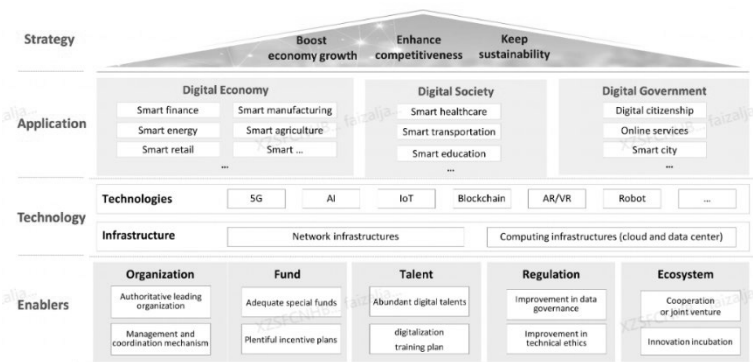
pintar, di mana peranti GPS dan sensor boleh disambungkan sama ada pada kontena storan tertentu, pada bahan mentah atau produk sendiri untuk menjejak pergerakan kontena.

Data masa nyata yang komprehensif mengenai jadual kargo dan kedudukan kapal membolehkan kakitangan terminal merancang kawasan berlabuh dan mengelakkan dermaga kritikal daripada dihentikan perkhidmatan oleh kapal yang dikuarantin bagi mengurangkan kesesakan dan masa terbiar (sumber: Program Kelestarian Pelabuhan Dunia (2020), WPSP COVID -19 dokumen panduan untuk Pelabuhan). Selain port pintar, perkongsian data terbuka dan dipercayai pada ekosistem rantaian bekalan rentas sempadan. Pendigitalan rantaian bekalan membolehkan pemain logistik meningkatkan keterlihatan pada ketersediaan aset pengangkutannya, meningkatkan penggunaan aset dan kecekapan, mengakibatkan pengurangan 80% dalam masa melalui kargo (sumber: MalaysiaKini (2020), “TUX untuk meningkatkan daya tahan rantaian bekalan dalam Singapura-Malaysia-Thailand).

BAB EMPAT

MENTERJEMAH RANGKA KERJA STRATEGI PENDIGITALAN MALAYSIA KEPADA REALITI

Matlamat utama teknologi digital adalah untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, meningkatkan daya saing dan mengekalkan kemampanan. Teknologi digital boleh dibahagikan kepada tiga kategori iaitu ekonomi digital, masyarakat digital dan kerajaan digital. Setiap kategori mempunyai aplikasi teknologinya sendiri seperti kewangan pintar, penjagaan kesihatan pintar dan kewarganegaraan digital yang disokong oleh teknologi dan infrastruktur utama yang canggih. Realisasi lapisan teknologi kepada lapisan strategi hanya dimungkinkan oleh pemboleh seperti organisasi, dana, bakat, peraturan dan ekosistem.



Rajah 4.1: Rangka kerja strategi digital: elemen utama untuk reka bentuk peringkat atasan (*Sumber: Huawei*)

Institusi TVET seperti Rangkaian Universiti Teknologi Malaysia (MTUN), Politeknik, Kolej Vokasional, Institut Latihan Perindustrian dan Institut Kemahiran Mara mempunyai

tanggungjawab yang besar untuk membentuk bakat masa depan. Pihak berkuasa Malaysia seperti Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC), Suruhanjaya Komunikasi dan Multimedia Malaysia (SKMM), Jabatan Digital Negara (NDM) dan Lembaga Pembangunan Pelaburan Malaysia (MIDA) perlu bekerjasama dalam pasukan rentas fungsi untuk merealisasikan ekosistem transformasi digital yang diketengahkan dalam Perindustrian Baharu, Pelan Induk (NIMP) 2030 Malaysia, Malaysia Digital Economy Blueprint (MyDIGITAL) dan Dasar Revolusi Perindustrian Keempat Negara (4IR).

Kementerian Kewangan Malaysia (MoF), Kementerian Ekonomi, Kementerian Pelaburan, Perdagangan dan Industri (MITI), Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) dan Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) menyediakan pembiayaan dan insentif yang tidak berbelah bahagi dan mencukupi kepada memastikan penyelidikan dan inovasi dalam teknologi utama pendigitalan berkembang dalam kalangan penyelidik Malaysia.

Transformasi digital untuk ekonomi digital, masyarakat digital dan kerajaan digital diperkukuh oleh aplikasi inovasi yang dikenali sebagai garis tumpu teknologi meliputi infrastruktur penumpuan dan infrastruktur industri seperti tenaga pintar, pertanian pintar, tenaga pintar, penjagaan kesihatan pintar dan lain-lain.

4.1 Tenaga Pintar

Negara Malaysia komited untuk mengurangkan 45% pelepasan gas rumah hijau (GHG) menjelang 2030 dan mencapai sifar bersih seawal 2050. Sepuluh projek pemangkin utama NETR, yang meliputi enam tuil peralihan tenaga iaitu kecekapan tenaga (EE), tenaga boleh diperbaharui (RE), hidrogen, biotenaga, mobiliti hijau dan penangkapan karbon, penggunaan dan penyimpanan (CCUS) telah dilancarkan pada 27 Julai 2023 (sumber: Pelan Hala Tuju Peralihan Tenaga Nasional). Gas asli ditetapkan untuk menjadi bukan sahaja bahan api peralihan, tetapi juga penyumbang utama Jumlah Sumber Tenaga Utama (TPES) pada

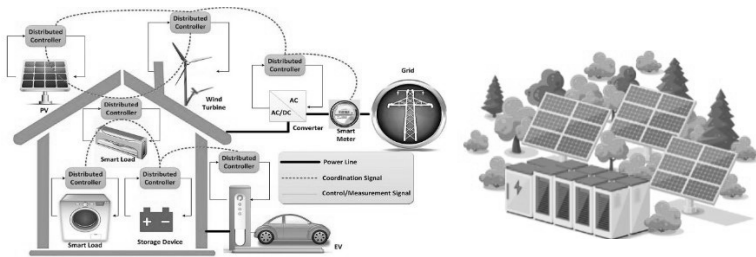
57 Mtoe (56%) diikuti oleh tenaga boleh diperbaharui termasuk solar, hidro dan biotenaga, yang secara kolektif menyumbang 23% daripada TPES pada tahun 2050 berbanding hanya 4% pada tahun 2023. Kemajuan dalam teknologi dan ekosistem yang menggalakkan telah meningkatkan tenaga boleh diperbaharui di tapak sebagai faktor berkembar yang menggalakkan institusi dan organisasi untuk; 1) menguruskan jejak tenaga mereka dan; 2) pelepasan karbon.



Rajah 4.2: Pendigitalan untuk mengurangkan jejak karbon
(Sumber: Hitachi)

Sistem Pengurusan Tenaga Pintar (SEM) membolehkan teknologi yang memanfaatkan ketersambungan yang dibawa oleh Internet Pelbagai Benda (IoT) untuk menjejak, mengukur, mengawal dan mengoptimumkan penggunaan tenaga di seluruh bangunan atau kompleks pejabat. Untuk memacu pertumbuhan mampan, organisasi semakin aktif melaksanakan penjana boleh diperbaharui di tapak yang kebanyakannya menggunakan sistem tenaga solar bagi memanfaatkan iklim Malaysia supaya berdikari dalam pengeluaran tenaga bersama-sama dengan penyimpanan bateri untuk menjimatkan lebih keluaran dan menggunakan tenaga yang sama pada waktu puncak atau tempoh keluaran yang lebih rendah.

Ekosistem tenaga pintar dan mampan boleh direka bentuk dengan saiz kampus yang sama melibatkan penubuhan sistem Pengurusan Tenaga Pintar (SEM), mikrogrid dengan storan tenaga bateri dan Pusat Pemantauan, Analitis dan Kawalan Bersepadu untuk mengurus aset tenaga, termasuk tenaga boleh diperbaharu, mobiliti elektrik, pemuliharaan air, dan pengurusan sisa di kampus. Pusat ini akan mengagregatkan data daripada semua sistem yang berbeza, termasuk sistem PV solar yang disepadukan dengan penderia, Loji Rawatan Kumbahan (STP) untuk pengurusan sisa, meter air untuk penuaian air hujan, dan sistem mobiliti elektrik dalam kampus. Data tersedia pada platform analitik untuk pemantauan masa nyata dan menjana cerapan yang boleh diambil tindakan, menghasilkan pengurusan prestasi optimum bagi semua aset, penjimatan kos dan pengurangan jejak karbon.



Rajah 4.3: Integrasi SEM, Microgrid dengan Penyimpanan Tenaga Bateri

4.2 Pembuatan Pintar

Pembuatan pintar (SM) menggunakan teknologi termaju dan sangat bersepadu dalam proses pembuatan, merevolusikan cara syarikat beroperasi. Teknologi yang berkembang dan pasaran yang semakin global dan digital telah mendorong pengeluar untuk mengguna pakai teknologi pembuatan pintar bagi mengekalkan daya saing dan keuntungan.

Aplikasi inovatif bagi *Industrial Internet of Things* (IIoT), sistem SM bergantung pada penggunaan penerima berteknologi tinggi untuk mengumpul data prestasi dan kesihatan penting daripada aset kritikal organisasi. Pembuatan pintar, sebagai sebahagian daripada transformasi digital Industri 4.0, menggunakan gabungan teknologi baharu muncul dan alat diagnostik seperti AI, IoT, robotik dan realiti tambahan (AR) dan kembar digital untuk mengoptimumkan perancangan sumber perusahaan (ERP), menjadikan syarikat lebih tangkas dan boleh menyesuaikan diri.

Dengan peranti dan penerima IoT yang mengumpul data daripada mesin, peralatan dan talian pemasangan, algoritma berkuasa AI boleh memproses dan menganalisis input dengan cepat untuk mengenal pasti corak dan arah aliran serta membantu pengeluar memahami prestasi proses pengeluaran. Syarikat juga boleh menggunakan sistem AI untuk mengenal pasti anomali dan kecacatan peralatan. Algoritma pembelajaran mesin dan rangkaian saraf misalnya, boleh membantu mengenal pasti corak data dan membuat keputusan berdasarkan corak tersebut untuk membolehkan pengeluar menangkap isu kawalan kualiti pada awal proses pengeluaran. Tambahan pula, menggunakan penyelesaian AI sebagai sebahagian daripada program penyelenggaraan pintar boleh membantu pengeluar melaksanakan penyelenggaraan ramalan, memperkemas pengurusan rantaian bekalan dan mengenal pasti bahaya keselamatan di tempat kerja.

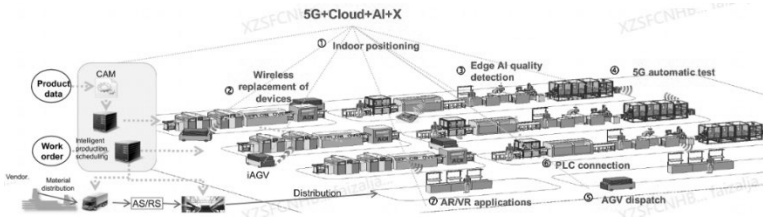
Automasi proses robotik (RPA) telah menjadi pemacu utama pembuatan pintar, misalnya robot yang menjalankan tugas berulang dan berbahaya seperti pemasangan, kimpalan dan pengendalian bahan. Teknologi robotik boleh melakukan tugas berulang dengan lebih pantas dan dengan tahap ketepatan dan ketepatan yang lebih tinggi daripada pekerja manusia, meningkatkan kualiti produk dan mengurangkan kecacatan. Pengkomputeran awan dan pengkomputeran tepi memainkan peranan penting dalam cara kilang pembuatan pintar beroperasi. Pengkomputeran awan membantu organisasi mengurus pengumpulan dan penyimpanan data dari jauh, menghapuskan keperluan untuk perisian dan perkakasan di premis serta

meningkatkan keterlihatan data dalam rantai bekal. Dengan penyelesaian berasaskan awan, pengeluar boleh memanfaatkan aplikasi IIoT dan teknologi berfikiran ke hadapan yang lain (seperti pengkomputeran terkini) untuk memantau data peralatan masa nyata dan menskalakan operasi mereka dengan lebih mudah.

Rantai blok (*blockchain*) ialah lejar kongsi yang membantu syarikat merekod urus niaga, menjejak aset dan meningkatkan keselamatan siber dalam rangkaian perniagaan. Dalam sistem pelaksanaan pembuatan pintar (MES), rantai blok mencipta rekod tidak berubah bagi setiap langkah dalam rantai bekal; daripada bahan mentah kepada produk siap. Dengan menggunakan rantai blok untuk menjejak pergerakan barangan dan bahan, pengeluar boleh memastikan setiap langkah dalam proses pengeluaran adalah telus dan selamat, mengurangkan risiko penipuan dan meningkatkan akauntabiliti. Rantai blok juga boleh digunakan untuk meningkatkan kecekapan rantai bekal dengan mengautomatiskan banyak proses yang terlibat dalam menjejak dan mengesahkan transaksi. Sebagai contoh, sesebuah organisasi boleh menggunakan kontrak pintar—kontrak laksana sendiri dengan syarat perjanjian yang ditulis terus dalam baris kod—untuk mengesahkan ketulenan produk, menjejak penghantaran dan membuat pembayaran. Ini boleh membantu mengurangkan masa dan kos yang berkaitan dengan proses manual, di samping meningkatkan ketepatan dan mengurangkan risiko ralat. Pengilang juga boleh menggunakan teknologi rantai blok untuk melindungi harta intelek dengan mencipta rekod pemilikan dan meningkatkan amalan kemampuan dengan menjejak kesan alam sekitar proses pengeluaran.

Kembar digital telah menjadi konsep yang semakin popular dalam dunia pembuatan pintar. Kembar digital ialah replika maya objek atau sistem fizikal yang dilengkapi dengan penderia dan disambungkan ke Internet, membolehkannya mengumpul data dan memberikan cerapan prestasi masa nyata. Kembar digital digunakan untuk memantau dan mengoptimumkan prestasi proses pembuatan, mesin dan peralatan. Dengan mengumpul data penderia daripada peralatan, kembar digital boleh mengesan anomali, mengenal pasti masalah yang berpotensi dan

memberikan cerapan tentang cara mengoptimumkan proses pengeluaran. Pengilang juga boleh menggunakan kembar digital untuk mensimulasikan senario dan konfigurasi ujian sebelum melaksanakannya dan untuk memudahkan penyelenggaraan dan sokongan jarak jauh.



Rajah 4.4: Sistem pembuatan pintar di Kilang Selatan-Tuanbowa China

Kilang selatan Tuanbowa, China mengguna pakai sistem pembuatan pintar terdiri daripada kedudukan dalaman untuk pengiraan aset, penjadualan sumber, bahan telus dan boleh dilihat serta peta haba penggantian peranti tanpa wayar untuk LAN 5G, universal dan automatik. Sementara itu, Pengesanan AI Edge untuk kecacatan pencetakan, kecacatan bahan masuk, kecacatan pemasangan dan pemeriksaan pembungkusan, ujian automatik untuk pemuatan ujian automatik, logistik pintar untuk penghantaran kenderaan darat autonomi (AGV), penjadualan pengedaran logistik, pemanduan autonomi, sambungan kawalan logik boleh aturcara (PLC) untuk kawalan PLC, kerjasama PLC, pengaburan PLC dan Aplikasi AR untuk panduan jauh, pembaikan dalam talian dan lawatan kilang.

4.3 Pengangkutan Pintar dan Bandar Pintar

Kebangkitan teknologi yang saling berkaitan seperti Internet Pelbagai Benda (IoT), kenderaan elektrik, geolokasi dan teknologi mudah alih telah memungkinkan untuk mengatur cara orang dan barangan mengalir dari satu tempat ke tempat lain, terutamanya di kawasan bandar yang padat. IoT membentuk tulang belakang sinergi yang lancar antara pengangkutan pintar dan bandar moden,

mewujudkan rangkaian luas peranti saling berkaitan yang membolehkan pertukaran data masa nyata. Data besar membolehkan perancang perbandaran membuat keputusan berdasarkan data dan menjalankan analisis mendalam dengan memanfaatkan jumlah besar maklumat yang dihasilkan oleh sistem pengangkutan pintar. Pembelajaran mesin memperhalus lagi cerapan ini, meramalkan corak trafik, mengoptimumkan laluan dan terus meningkatkan kecekapan rangkaian pengangkutan.

Kesan pengangkutan pintar ke atas pengurusan trafik adalah penting kepada evolusi bandar. Bermula dengan kepentingan pemantauan trafik masa nyata, perjalanan terbentang melalui analisis ramalan, kawalan isyarat trafik pintar, panduan laluan dinamik, pengangkutan awam dan pengurusan tempat letak kereta. Setiap aspek menyumbang kepada meminimumkan kos dan jejak alam sekitar, membentuk masa depan yang mana mobiliti bandar adalah cekap dan kesedaran alam sekitar.



Rajah 4.5: Sistem pengangkutan pintar

IoT dalam pengangkutan meningkatkan ketersambungan antara kenderaan, infrastruktur dan sistem kawalan pusat. Peranti yang didayakan IoT memudahkan pertukaran data masa nyata, mewujudkan rangkaian padu yang menyesuaikan diri dengan

keadaan dinamik. Kenderaan berkomunikasi antara satu sama lain, menerima kemas kini daripada penerima infrastruktur dan berkongsi maklumat dengan sistem kawalan pusat. Ketersambungan yang lancar ini membolehkan membuat keputusan yang lebih bijak, pengurusan trafik responsif dan kecekapan yang lebih baik. Hasilnya ialah ekosistem pengangkutan yang mana cerapan masa nyata membantu bandar menangani cabaran secara proaktif.

Analitis data besar dan pembelajaran mesin sedang merevolusikan strategi pengurusan trafik dengan memajukan pembuatan keputusan berasaskan data di bandar pintar. Teknologi ini mengeluarkan cerapan berharga dengan memproses set data yang luas daripada sistem pengangkutan pintar. Algoritma pembelajaran mesin menganalisis corak, meramalkan arah aliran lalu lintas dan mengoptimumkan pemasaan lampu isyarat. Pendekatan dipacu data ini membolehkan pihak berkuasa melaksanakan campur tangan masa nyata yang tepat, meminimumkan kesesakan dan mengoptimumkan aliran trafik. Keupayaan untuk membuat keputusan termaklum berdasarkan data masa nyata dan sejarah memastikan tindak balas yang proaktif dan cekap terhadap perubahan keadaan trafik. Hasilnya, bandar pintar boleh melaksanakan strategi pengurusan trafik yang lebih berkesan dan adaptif, menyumbang kepada pengalaman mobiliti yang lancar di kawasan bandar.

Kemunculan rangkaian 5G ialah pengubah permainan untuk pengangkutan bandar pintar. Rangkaian teknologi komunikasi yang lebih pantas dan lebih dipercayai menjadikan sambungan lancar dan pemindahan data masa nyata mungkin. Menawarkan kelajuan dan kebolehpercayaan yang tidak pernah berlaku sebelum ini, 5G memudahkan teknologi komunikasi antara kenderaan, penerima dan sistem kawalan. Ketersambungan transformatif ini memastikan pemindahan data masa nyata, yang membantu dengan membuat keputusan pantas dan tindak balas segera kepada keadaan trafik yang dinamik. Kependaman rendah 5G meningkatkan keberkesanan penyelesaian bandar pintar, menyokong pertumbuhan peranti dan sistem yang saling berkaitan. Apabila bandar pintar menerima 5G, mereka membuka

kunci potensi rangkaian pengangkutan yang sangat berskala dan responsif, yang mana mobiliti bandar adalah cekap dan boleh disesuaikan, melindungi daripada cabaran keselamatan siber untuk bandar pintar.

4.4 Penjagaan Kesihatan Pintar

Penjagaan kesihatan pintar melibatkan peserta manusia dan bukan manusia seperti doktor, pesakit, hospital dan institut penyelidikan. Pada terasnya, ia terdiri daripada teknologi baharu berikut bersama-sama bioteknologi moden iaitu AI, IoT, Internet Perubatan Pelbagai Benda (MIoT), pengkomputeran tepi, pengkomputeran awan, data besar dan teknologi komunikasi tanpa wayar generasi akan datang.

Penyepaduan kecerdasan buatan ke dalam penjagaan kesihatan sejak beberapa tahun kebelakangan ini telah mengubah sepenuhnya cara kami mendekati penjagaan pesakit, diagnosis perubatan dan rawatan. AI telah merevolusikan perubatan dengan keupayaannya untuk menganalisis sejumlah besar data, mengenal pasti corak dan membuat ramalan yang tepat. Endoskopi berbantuan AI dan perundingan jauh menyediakan nasihat dan analisis masa nyata semasa ujian. Algoritma AI boleh membantu dalam mengenal pasti anomali, mengarahkan endoskopi, dan meningkatkan ketepatan diagnostik dengan memeriksa gambar dan rakaman endoskopik. AI juga menawarkan perundingan jarak jauh, yang menyediakan akses kepada rawatan pakar dengan membenarkan pakar memberi nasihat dan pertimbangan mengenai prosedur endoskopik dalam masa nyata dari tempat yang berbeza.

AI sedang mengubah pengimejan perubatan dengan membolehkan analisis imej radiologi yang lebih baik seperti X-ray, MRI dan imbasan CT. Pakar radiologi boleh mendiagnosis penyakit lebih awal dengan penggunaan algoritma AI yang boleh mengesan corak, mengesan kelainan dan mengenali trend. Kecekapan, ketepatan dan bantuan dalam mengutamakan kes kritikal yang diberikan oleh teknologi ini akhirnya menghasilkan

hasil pesakit yang lebih baik serta perancangan rawatan yang lebih baik. Penyelesaian kejururawatan pintar yang dikuasakan oleh AI memperkemas aliran kerja dan meningkatkan komunikasi antara profesional untuk meningkatkan penjagaan pesakit. Produk ini menggunakan algoritma AI untuk menjejak tanda-tanda vital pesakit, mengesan perubahan dalam kesihatan dan memberi amaran kepada kakitangan kejururawatan dalam masa nyata. Sistem pengurusan kejururawatan pintar meningkatkan keselamatan pesakit, meminimumkan kesilapan dan mengukuhkan penyampaian penjagaan kesihatan secara keseluruhan dengan mengautomasikan tugas rutin dan membolehkan penjagaan proaktif.

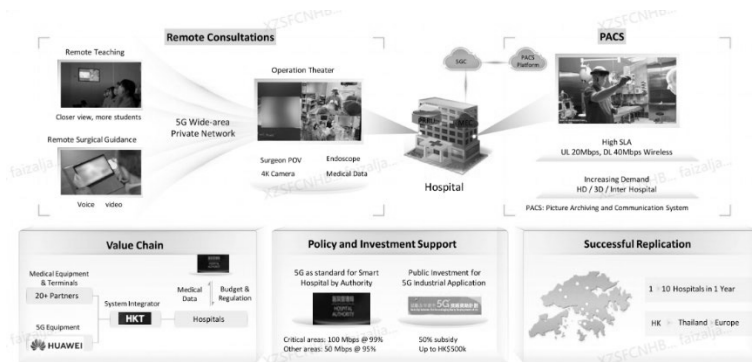
Sistem Lokasi Masa Nyata (RTLS) berkuasa AI menyediakan penjajakan dan pengurusan yang tepat bagi pesakit dan peralatan perubatan dalam kemudahan penjagaan kesihatan untuk menjejak pergerakan pesakit, mempercepatkan aliran kerja dan meningkatkan penggunaan sumber, algoritma AI menilai data daripada penderia dan teknologi boleh pakai. Sistem RTLS mengoptimumkan aliran pesakit, mengurangkan masa menunggu, mencegah kehilangan peralatan perubatan dan menyediakan persekitaran penjagaan kesihatan yang lebih berkesan dan berpusatkan pesakit.

Dengan mempercepat penyelidikan dan meningkatkan kadar kejayaan, AI telah mengubah proses penemuan dan pembangunan ubat. Untuk tujuan mengenal pasti sasaran terapeutik yang berpotensi, meramalkan keberkesanan ubat dan memperkemas pelan rawatan, sistem AI menyiasat sejumlah besar data biologi, termasuk genom, proteomik dan data percubaan klinikal. Teknik ini mempercepat penemuan dan penciptaan ubat-ubatan baharu, menghasilkan terapi yang lebih mujarab dan penjagaan pesakit yang lebih baik.

Teknologi robotik AI merevolusikan landskap penjagaan kesihatan dengan meningkatkan penjagaan pesakit, mengoptimumkan proses dan membolehkan pemantauan jarak jauh. Dengan pembantu robotik termaju dan automasi dipacu AI, kakitangan perubatan dapat memberikan rawatan yang berkesan

dan berkualiti tinggi. Mereka melaksanakan tugas seperti mengangkat, mengimpal dan menghantar bekalan dalam persekitaran penjagaan kesihatan. Robot pembedahan boleh melakukan tugas seperti membuat hirisan dan jahitan luka dan melakukan prosedur pembedahan dalam ginekologi, prostat dan pembedahan kepala dan leher.

Pemprosesan bahasa semula jadi (NLP) deria bahasa manusia dan terdiri daripada aplikasi seperti pengecaman pertuturan, analisis teks dan matlamat. Dua pendekatan asas kepada NLP ialah statistik dan semantik di mana NLP statistik adalah berdasarkan pembelajaran mesin dan teknik pembelajaran mendalam untuk meningkatkan ketepatan pengecaman. Dalam persekitaran penjagaan kesihatan, NLP boleh digunakan dalam klasifikasi penciptaan dan dokumentasi maklumat klinikal. Sistem NLP boleh menganalisis nota dan laporan klinikal serta menyediakan transkripsi.



Rajah 19: Sistem penjagaan kesihatan pintar

4.5 Pertanian Pintar

Teknologi termaju yang merevolusikan pengeluaran pertanian di pelbagai perniagaan tani menguasai pertanian moden masa kini. IoT merujuk kepada rangkaian peranti fizikal, kenderaan, peralatan dan objek fizikal lain yang dibenamkan dengan penerima, perisian dan ketersambungan rangkaian yang

mbolehkan mereka mengumpul data. Dalam kes pertanian pintar, peranti IoT termasuk pelbagai jenis penerima IoT, termasuk penerima untuk memantau tanaman, menjejak ternakan dan memerhati keadaan peralatan ladang. Kenderaan udara tanpa pemandu (UAV) atau dron yang dilengkapi dengan pengesanan dan jarak cahaya (LiDAR) juga mengumpul data pertanian melalui penderiaan jauh.

IoT merujuk kepada rangkaian peranti fizikal, kenderaan, peralatan dan objek fizikal lain yang dibenamkan dengan penerima, perisian dan ketersambungan rangkaian yang membolehkan mereka mengumpul data. Dalam kes pertanian pintar, peranti IoT termasuk pelbagai jenis penerima IoT, termasuk penerima untuk memantau tanaman, menjejak ternakan dan memerhati keadaan peralatan ladang. Kenderaan udara tanpa pemandu (UAV) atau dron yang dilengkapi dengan pengesanan dan jarak cahaya (LiDAR) juga mengumpul data pertanian melalui penderiaan jauh.

AI dan pembelajaran mesin (ML) boleh membantu petani memperoleh cerapan daripada data besar daripada inisiatif IoT. Analisis dan pemodelan data melalui alatan AI dan ML berasaskan awan boleh memaklumkan teknik membuat keputusan dan pertanian pintar. Contohnya, analisis ramalan, set data cuaca dan model ramalan pertanian yang dikuasakan oleh ML boleh membantu industri pertanian mengurus proses pengeluaran, termasuk pengeluaran tanaman, penggunaan tanah dan perancangan rantaian bekalan.

Automasi dan robotik menonjol dalam amalan pertanian pintar moden. Selain traktor autonomi, petani menggunakan robot untuk tugas seperti pembenihan, penuaian dan pemangkasan. Mereka juga boleh menggunakan UAV untuk menyembur baja, racun perosak dan input pertanian lain dengan cara yang boleh menjadi lebih cekap dan tepat daripada kaedah tradisional. Penggunaan baja yang lebih tepat dan terhad, khususnya, boleh memberi kesan alam sekitar yang ketara: baja merupakan sumber utama pelepasan gas rumah hijau.

Permintaan yang semakin meningkat untuk keselamatan makanan telah membawa kepada metodologi baharu untuk pengeluaran tanaman berskala besar. Sementara itu, kesan perubahan iklim telah memperkenalkan kebolehubahan dan risiko baharu ke dalam industri pertanian. Pertanian pintar menawarkan petani dan pengeluar makanan berhampiran set data cuaca masa nyata dan model ramalan pertanian yang dikuasakan oleh alat berkuasa ML yang membantu sektor pertanian merancang untuk pengeluaran tanaman, penggunaan tanah, rantai bekalan dan permintaan pasaran. Imej satelit, ramalan cuaca dan pemodelan rumit membolehkan ramalan tepat bekalan pasaran, supaya pemproses dan jenama makanan boleh mendapatkan bahan pada harga yang kompetitif, memenuhi permintaan kompetitif dan menggunakan dagangan komoditi dan niaga hadapan.

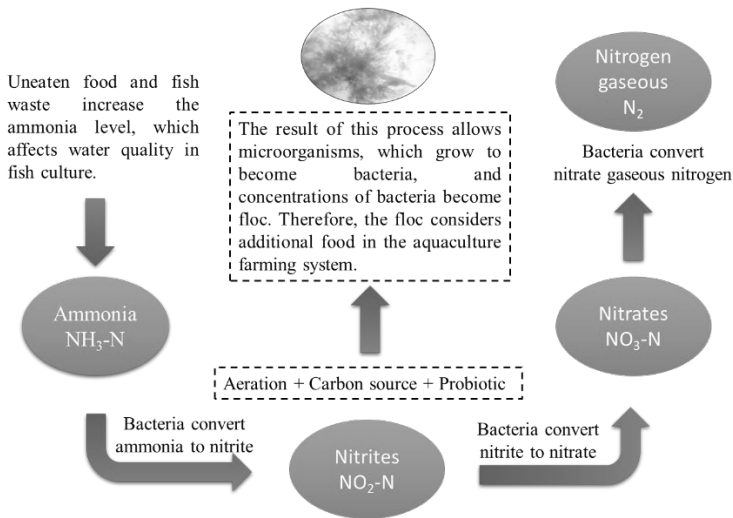
Gabungan data cuaca dan geospasial-temporal, pengesanan awal turun naik permintaan dan pemodelan AI yang canggih memberikan ramalan tepat permintaan produk, membolehkan perancangan sumber strategik untuk pengeluaran, inventori, logistik, jualan dan operasi. Data cuaca hiper-tempatan, pemodelan canggih dan API yang kaya boleh digunakan untuk mencipta penyelesaian tersuai untuk penanaman, pemberian makanan, penyemburan dan penjadualan pengairan di ladang dan ladang.

4.6 Smart Aquaculture

Pengeluaran akuakultur global ikan mencapai 80.0 juta tan makanan yang boleh dijual (USD 231.6 bilion). Ia menyediakan 10.8 kg penggunaan ikan per kapita pada 2016, yang mana kolam air tawar menyumbang kepada 47.5 juta tan ikan yang menghasilkan 70% bahan toksik ammonia dan nitrit daripada makanan dan sisa yang tidak dimakan. Menukar air atau memasang sistem rawatan air yang mahal adalah dua pilihan penyelesaian untuk membuang toksik. Pertukaran air yang kerap membawa kepada eutrofikasi dan degradasi kawasan tadahan air di sekitarnya. Namun begitu, permukaan kolam tanah akan

dijangkiti oleh ammonia, yang akhirnya membawa kepada penyelenggaraan yang mahal.

Teknologi Biofloc (BFT) mampu menetralkan kesan ammonia dan nitrit secara semula jadi dengan bergantung kepada aktiviti mikroorganisma, yang tumbuh menjadi bakteria dan kepekatan bakteria menjadi floc. Mikroorganisma ini berfungsi dalam tiga cara: 1) mengawal kualiti air melalui imobilisasi nitrogen, menghasilkan bakteria heterotrofik (floc) seterusnya sebagai sumber pemakanan untuk spesies yang dikultur 2) meminimumkan pertukaran air melalui proses penguraian ammonia 3) menyekat pertumbuhan patogen. melalui persaingan. Selain mengekalkan kualiti air, BFT meningkatkan pembiakan, pemakanan dan pertumbuhan ikan dalam unit kultur.



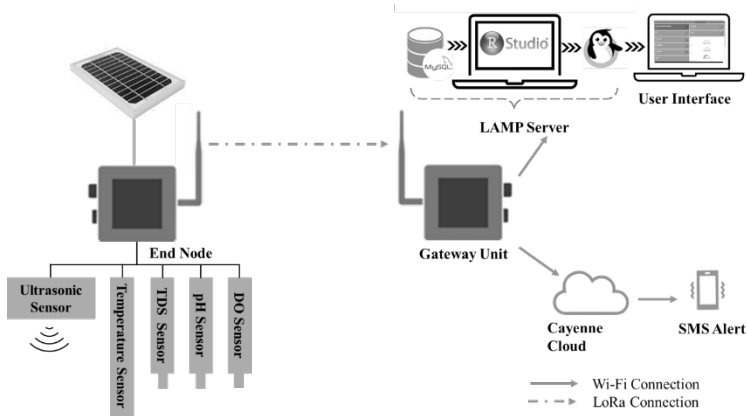
Rajah 20: Sistem BFT menetralkan ammonia

Daripada faedah, BFT menghadapi halangan sengit untuk mengekalkan kepekatan mikroorganisma yang hidup di kolam air. Pemantauan parameter air dan isipadu floc yang kerap diperlukan contohnya, jika tahap pH mencapai 8.05 dan suhu 23°C, ammonia kepekatan maut median (LC50) 96 jam akan menyumbang kepada 50% ikan akan mati. Proses asimilasi ammonia melalui

mikroorganisma heterotropik memerlukan sekurang-kurangnya 5 mg/L oksigen terlarut (DO) untuk dimakan oleh ikan dan mikroorganisma. Ambang 5 mg/L sememangnya penting kerana sebarang nilai di bawah akan mencetuskan kedua-dua bakteria dan ikan bersaing untuk mendapatkan oksigen menyebabkan tekanan kepada mereka dan akhirnya membawa kepada kematian akibat sesak nafas. Akibatnya, ammonia yang sepatutnya terdiri daripada mikroorganisma akan kekal di dalam air.

Tahap ideal 5 mg/L DO, pH 7.3-8 dan suhu dalam julat 20-23°C akan menumbuhkan populasi mikroorganisma dan menjadi dalam bentuk flok. Populasi flok boleh diperhatikan melalui parameter yang dipanggil Jumlah pepejal terlarut (TDS) yang tidak boleh melebihi 800 mg/L. Jika tidak, flok itu mungkin terlalu banyak penduduk yang seterusnya membahayakan haiwan akuatik, membawa kepada kekurangan oksigen, halangan insang ikan atau udang, dan kematian akibat sesak nafas. Perlu diingat bahawa pelarasan semula parameter kualiti air kembali ke julat yang dikehendaki akan mengambil masa sekurang-kurangnya 1 hari manakala paras ammonia akan meningkat pada masa yang sama.

Oleh itu, ramalan 1 hari parameter kualiti air dicadangkan untuk pembiak baka membuat keputusan awal sebelum sebarang parameter melebihi nilai ambang. Ketepatan akuakultur pintar diuji dan disahkan untuk memastikan analitik ramalan berdasarkan data masa nyata adalah tepat.



Rajah 20: Sistem Akuakultur Pintar

Sistem akuakultur pintar diuji dan disahkan untuk memastikan analitik ramalan berdasarkan data masa nyata adalah tepat. Keputusan ralat peratusan ketepatan menunjukkan statistik ringkasan data, termasuk ralat peratusan ketepatan minimum dan maksimum untuk setiap parameter. Sistem akuakultur pintar telah disahkan dengan ralat maksimum 8.88%, kurang daripada 10%.

BIODATA PENULIS



Prof. Mohd Faizal Jamlos memperoleh Ph.D pada tahun 2011 dari Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia dalam Kejuruteraan Elektrik. Beliau telah menerima Sarjana Kejuruteraan dalam bidang Elektrik & Elektronik pada tahun 2008 dari University of Adelaide, Australia. Sebelum ini, beliau memperoleh ijazah pertama dari Universiti Malaysia Perlis, Malaysia, dengan Kepujian, dalam Kejuruteraan Komputer pada tahun 2006. Beliau kini merupakan Lembaga Pengarah, Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA) dan profesor penuh di Fakulti Elektrik & Teknologi Kejuruteraan Elektronik, UMPSA. Beliau adalah peneraju projek berjumlah lebih RM 3 Juta dibiayai oleh industri, kerajaan dan universiti. Beliau aktif dalam menyediakan perundingan dan latihan mengenai sistem Pengukuran Ujian, Rangkaian dan IoT kepada pelbagai syarikat, komuniti dan universiti. Beliau telah menerbitkan lebih daripada 250 kertas kerja termasuk 93 jurnal ISI dengan faktor impak kumulatif 142.406, 29 H-index. Beliau kini sedang mengusahakan penubuhan syarikat permulaan untuk mengkomersialkan sistem Kualiti Air Pintar dan Sistem Lonjakan Airnya. Bidang penyelidikan fokus terbaharu beliau ialah dalam Analisis Prediktif Pembelajaran Mesin, IoT, penderia untuk pertanian, akuakultur, pengesanan penyakit tumbuhan dan alam sekitar termasuk banjir dan kesan perubahan iklim. Beliau juga mempunyai minat dalam bidang penyelidikan tradisional RF tanpa wayar dan teori dan teknik gelombang mikro. Beliau adalah Jurutera Profesional dengan Sijil Amalan BEM, Ahli Kanan IEEE, Penyelidik Perubahan Kebangsaan (NMRR) dan Ahli Korporat Institut Jurutera Malaysia (MIEM).

RUJUKAN

- <https://accesspartnership.com/wp-content/uploads/2023/03/Malaysia-Digital-Transformation.pdf>
- <https://www.hkt-enterprise.com/en/products-solutions/digital-technology/ai-and-robotics>
- <https://www.huawei.com/en/media-center/multimedia/videos/2023/tianjin-smart-port-behind-scene>
- <https://www.news-medical.net/health/Future-of-Smart-Health-Systems.aspx>
- https://v1.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/ctHEME&menu_id=L0pheU43NWJwRWVSZklWdzQ4TlhUUT09&bul_id=Y3kwU2tSNVFDOWp1YmtZYnhUeVBEdz09
- <https://www.malaysia.gov.my/portal/content/31187?language=my>

Lorem ipsum



**UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG
AL-SULTAN ABDULLAH**

ISBN 978-629-7641-00-0



9 786297 641000

Penerbit UMPSA