

BAB

4

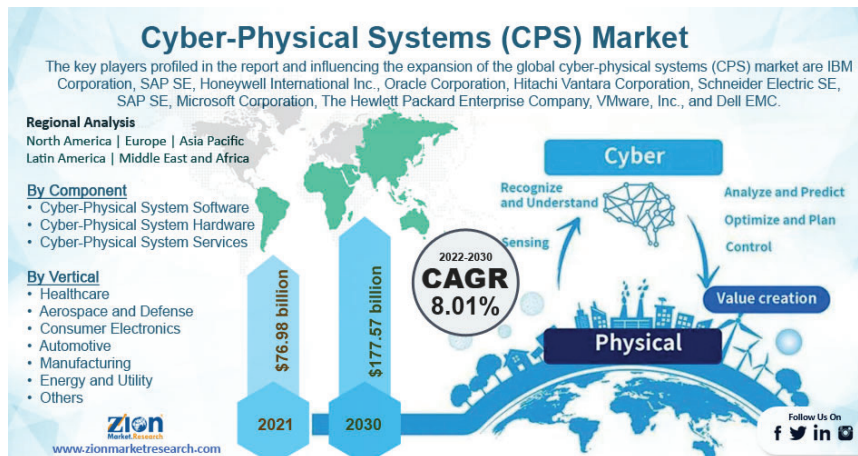
KECERDASAN BUATAN DAN SISTEM TERBENAM UNTUK PELAJAR

*Noor Azurati Ahmad@Salleh, Rasimah Che Mohd Yusoff,
Ramona Abd Rahim dan Shamsul Sahibuddin*

4.1 PENGENALAN

Dalam landskap teknologi yang sentiasa berkembang pesat, integrasi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) ke dalam sistem fizikal siber (*Cyber-physical Systems*, CPS) menandakan detik penting dalam kemajuan automasi dan kecekapan. Menurut laporan kajian pasaran Zion seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.1, saiz industri sistem CPS global bernilai sekitar USD76.98 bilion pada tahun 2021 dan dijangka meningkat hampir dua kali ganda kepada kira-kira USD117.57 bilion menjelang tahun 2030 dengan Kadar Pertumbuhan Tahunan Terkumpul (*Compound Annual Growth Rate*, CAGR) hampir 8.01 peratus antara tahun 2022 dan 2030. Dalam pada itu, sektor digital di Malaysia dilaporkan menyumbang sekitar 23.2 peratus kepada Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK), manakala impak ekonomi digital dijangka terus meningkat dan diunjurkan menyumbang sebanyak 25.5 peratus kepada ekonomi negara menjelang 2025 serta menjana sehingga 500,000 peluang pekerjaan.

Kecerdasan buatan (AI) telah mengubah cara operasi sistem terbenam, terutamanya dalam pembangunan kenderaan autonomi kerana teknologi ini membolehkan sistem mengendalikan tugas yang kompleks seperti pemprosesan imej, pengesanan pertuturan, pengenalpastian, serta tindak balas terhadap situasi tertentu. Penggabungan AI ke dalam sistem terbenam telah membantu perniagaan secara signifikan dalam menyelaraskan operasi dan mengautomasikan tugas, sekali gus memacu pertumbuhan pasaran sistem terbenam.



Rajah 4.1 Pasaran sistem fizikal siber (Sumber: Zion Market Research, 2023)

Sistem fizikal siber (CPS) ialah penyepaduan antara sistem siber dengan sistem fizikal. Hampir semua produk moden yang digunakan di seluruh dunia serta peralatan pembuatan teknologi tinggi yang menghasilkan produk tersebut kini beroperasi berasaskan sistem fizikal siber. Revolusi Perindustrian 4.0 telah mengubah kebanyakan sistem fizikal manual kepada sistem automasi dan pertukaran maklumat yang lebih pantas dan efisien dalam proses pembuatan, di samping mendorong pendigitalan menyeluruh sektor industri. Revolusi ini turut merangkumi teknologi pengkomputeran awan, sistem fizikal siber, serta pengkomputeran kognitif.

Revolusi Perindustrian 4.0 turut memperkenalkan konsep kilang pintar. Dalam kilang pintar ini, sistem fizikal siber berperanan memantau operasi proses fizikal, membentuk salinan maya serta membantu organisasi mempercepat penyebaran maklumat. Sistem ini membolehkan komunikasi dan kerjasama berlaku antara mesin dengan mesin serta antara mesin dengan manusia secara masa nyata melalui integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT).

Selain pada itu, CPS merujuk kepada rangkaian pintar yang menggabungkan penderia yang dipasang, pemproses sistem terbenam, serta aktuator yang direka bentuk untuk mengesan dan berinteraksi dengan persekitaran fizikal. Sistem ini juga menyokong aplikasi masa nyata, memastikan prestasi optimum, khususnya dalam aplikasi yang memerlukan tahap keselamatan yang tinggi. Dalam sistem CPS seperti pengkomputeran, penderiaan, kawalan dan rangkaian, disepadukan ke dalam setiap komponen sistem CPS. Beberapa contoh CPS ialah robot, sistem pemantauan dan kawalan jauh, serta bangunan pintar.

4.2 SISTEM TERBENAM

Sistem terbenam ialah sistem pengkomputeran yang direka untuk melaksanakan tugas khusus. Tidak seperti komputer biasa, sistem terbenam biasanya didedikasikan untuk satu fungsi atau satu set fungsi sahaja. Sistem ini terdapat dalam pelbagai aplikasi, termasuk elektronik pengguna, sistem automotif, automasi industri, peranti perubatan dan peranti IoT.

Sistem terbenam terdiri daripada gabungan komponen perkakasan dan perisian yang disepadukan bagi melaksanakan fungsi tertentu. Komponen tersebut merangkumi mikropengawal atau mikropemproses, unit memori seperti *random access memory* (RAM), *read-only memory* (ROM) dan memori kilat, serta antara muka input/output seperti *general purpose input/output* (GPIO), *universal asynchronous receiver/transmitter* (UART), *serial peripheral interface* (SPI) dan *inter-integrated circuit* (I²C). Selain itu, sistem ini turut dilengkapi dengan pemasa, *analog-to-digital converter* (ADC) dan *digital-to-analog converter* (DAC). Tindakan perisian pula terdiri daripada