



Ringkasan dasar

Teknologi AI baharu dan masa depan pekerjaan di Malaysia

Oleh Calvin Cheng, Hanson Chong, Matthew Dornan and Alyssa Farha Jasmin

Kata pengantar oleh Datuk Prof Dr Mohd Faiz Abdullah

Julai 2025

ISIS Malaysia

ISIS Malaysia ditubuhkan pada 8 April 1983 dengan tujuan untuk memperkukuhkan kepentingan strategik Malaysia. Sebagai sebuah organisasi penyelidikan bebas, kami memberikan tumpuan kepada dasar luar dan keselamatan; ekonomi dan perdagangan; dasar sosial dan pembinaan negara; teknologi dan siber; dan iklim dan tenaga.

Kami secara aktif menjalankan diplomasi Jalur Kedua (*Track 2 diplomacy*), menggalakkan pertukaran pandangan dan pendapat di peringkat kebangsaan dan antarabangsa. Kami juga memainkan peranan dalam memupuk integrasi serantau yang lebih erat dan kerjasama antarabangsa melalui pelbagai forum, seperti Sidang Meja Bulat Asia-Pasifik (Asia-Pacific Roundtable), Rangkaian Institut Kajian Strategik dan Antarabangsa ASEAN, Majlis Kerjasama Keselamatan di Asia-Pasifik, Majlis Kerjasama Ekonomi Pasifik, Rangkaian Pemikir Asia Timur, Kumpulan Pemikir ASEAN-China, serta Dialog ASEAN-Australia-New Zealand.

Penyumbang

Calvin Cheng adalah pengarah program Ekonomi, Perdagangan dan Integrasi Serantau di ISIS Malaysia. Minat penyelidikannya merangkumi pelbagai isu dalam ekonomi gunaan, dengan penekanan kepada pekerjaan, perlindungan sosial, kesejahteraan dan reka bentuk program pemindahan sosial.

Hanson Chong adalah penyelidik dalam program Ekonomi, Perdagangan dan Integrasi Serantau. Kajiannya memberi tumpuan kepada hubungan antara modal insan dan modal sosial, merangkumi topik dalam pasaran buruh dan pekerjaan, pembangunan kemahiran dan pendidikan, program pemindahan tunai dan pembentukan rangkaian persahabatan. Beliau merupakan seorang penyelidik kuantitatif yang menggunakan kaedah analisis rangkaian sosial dan penilaian kesan dalam penyelidikannya.

Dr Matthew Dornan adalah seorang ahli ekonomi kanan Amalan Global Perlindungan Sosial dan Pekerjaan di Bank Dunia. Bidang kepakarannya meliputi perlindungan sosial, kemahiran dan dasar pasaran buruh, dan migrasi, dengan tumpuan khusus kepada Malaysia, di mana beliau mengetuai penglibatan bank dalam bidang-bidang tersebut. Baru-baru ini beliau mengetuai pasukan Bank Dunia yang menyokong kerajaan Malaysia dalam penyediaan Rangka Tindakan Penuaan Kebangsaan.

Alyssa Farha Jasmin adalah seorang ahli ekonomi Amalan Global Perlindungan Sosial dan Pekerjaan di Bank Dunia. Beliau mengkhususkan kepada bidang seperti pekerjaan tidak formal, pembangunan kemahiran, serta implikasi pasaran buruh akibat penuaan di Malaysia. Sebelum ini, beliau merupakan penyelidik bersekutu di Institut Penyelidikan Khazanah (Khazanah Research Institute).

Penghargaan

Penulisan ini merupakan hasil daripada persidangan dasar awam utama ISIS Malaysia, PRAXIS 2024, yang mendapat dukungan daripada Konrad-Adenauer-Stiftung (KAS) Malaysia. Para penulis ingin merakamkan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada rakan kerjasama dan para ahli panel persidangan, termasuk Thomas Mathew (Ketua Pegawai Eksekutif, TalentCorp), Dr Jasmine Begum (Microsoft) serta Mohd Khairi Man (Kongres Kesatuan Sekerja Malaysia), atas sumbangan bernas dan pandangan berwawasan yang dikongsikan.

Kajian ini turut memperkayakan analisisnya melalui perbincangan yang mendalam bersama Shakira Teh (Bank Dunia) dan Farlina Said (ISIS Malaysia) dalam proses penggubalan syor dasar. Penghargaan istimewa juga ditujukan kepada para peserta Seminar Brown Bag anjuran Pejabat Ketua Ahli Ekonomi, Bank Dunia Asia Timur dan Pasifik, di samping ahli kumpulan kerja bakat di bawah Pejabat AI Kebangsaan (NAIO) yang memberikan input berharga kepada pembangunan kajian ini.

Kata pengantar

Teknologi sering dilihat sebagai satu deretan ciptaan yang pintar – kemuncak kecerdikan manusia yang terbina di sepanjang ruang dan masa – yang kini menghasilkan pusat data di seluruh dunia, membekalkan alat-alat yang mampu menulis, mengekod dan berfikir. Sesungguhnya, AI generatif kini boleh menggantikan “akal” sebagaimana mesin-mesin berat di Zaman Perindustrian dahulu menggantikan “tenaga fizikal”.

Namun, teknologi bukan sahaja mengubah dunia material dan fizikal kita. Sesuatu yang lain turut berubah dalam bidang metafizik, sosial dan politik. Martin Heidegger, dalam *Die Frage nach der Technik (The Question Concerning Technology)* mengingatkan kita “hakikat teknologi bukanlah sesuatu yang bersifat teknologi.” Beliau menambah di mana-mana pun, kita kekal tidak bebas dan terbelenggu kepada teknologi, sama ada kita menerima sepenuhnya atau menolaknya! Belenggu ini boleh menjadi metafora mahupun nyata, bergantung pada sejauh mana kehadiran AI dalam kehidupan dan ikhtiar kita. Maka, penting untuk kita bukan sahaja bertanya apa yang boleh dilakukan oleh model bahasa besar, tetapi juga mempertimbangkan bagaimana teknologi ini boleh mengubah asas kontrak sosial yang menentukan peranan manusia dalam pekerjaan dan dalam zaman Antroposen ini.

Penulisan ini, hasil kerjasama antara ISIS Malaysia dan Bank Dunia, menggunakan pendekatan empirikal dan dasar praktikal dalam menangani persoalan falsafah yang mencabar ini. Dengan menilai keupayaan semasa AI generatif untuk menggantikan usaha manusia, ia meneroka implikasi teknologi baharu ini terhadap masa depan pekerjaan di Malaysia. Namun yang lebih menarik ialah bidang-bidang di mana AI generatif masih belum mampu menandingi manusia –sesuatu yang digelar oleh penulis sebagai kemahiran “kelebihan manusia” (*human edge*). Walaupun isu ini mungkin menjadi akademik dalam masa terdekat disebabkan oleh kepesatan pembangunan AI, ia mendedahkan apa yang mungkin menjadi sempadan terakhir bagi keunikan kognitif manusia.

Sekurang-kurangnya, analisis dalam penulisan ini boleh membantu kita menterjemah pemahaman mendalam Heidegger pada tahun 1954 kepada satu kata putus yang bersifat praktikal dan relevan dengan dasar: sama ada kita membimbing teknologi agar cara penzahiran teknologi (*gestell*) membawa kita ke arah kemajuan manusia, atau kita berisiko membiarkan logik teknologi itu sendiri mendefinisikan semula kita dalam cara yang bakal kita kesali kelak.

Datuk Prof Dr Mohd Faiz Abdullah

Pengerusi

Institut Kajian Strategik dan Antarabangsa (ISIS) Malaysia

Ringkasan eksekutif

- Teknologi AI generatif membina asas daripada gelombang teknologi terdahulu yang membentuk cara kerja manusia. Penulisan ini menggunakan kerangka berasaskan tugas, eMASCO, serta data mikro daripada Survei Tenaga Buruh untuk menilai tahap pendedahan pekerjaan dan kumpulan sosio-demografi kepada teknologi AI generatif ([Bahagian 2](#)).
- Kami menganggarkan seramai 4.2 juta pekerja Malaysia – atau 28% daripada tenaga buruh – tergolong dalam kategori “sangat terdedah” kepada teknologi AI generatif. Sementara 2.5 juta pekerja lagi berada dalam kategori pendedahan sederhana-tinggi. Secara keseluruhan, hampir separuh daripada tenaga kerja negara mempunyai sekurang-kurangnya 40% daripada tugasnya yang boleh digantikan keupayaan AI generatif semasa, terutamanya tugas yang bersifat tersusun, berasaskan skrin, dan tidak melibatkan kerja fizikal ([Bahagian 3.1](#)).
- Tahap pendedahan ini tidak sekata: analisis regresi menggunakan ukuran pendedahan AI kami menunjukkan wanita, pekerja muda, pekerja perkeranian dan pekerja bandar lebih cenderung terlibat dalam pekerjaan yang lebih terdedah kepada AI. Kami juga menemui bukti kesan “mendatar” (“plateau”) berdasarkan gaji, tahap pendidikan dan kemahiran, iaitu pendedahan kepada AI menjadi stabil atau menurun pada tahap gaji dan pendidikan yang paling tinggi ([Bahagian 3.2](#)).
- Melalui analisis kemahiran MASCO, kami mencadangkan pekerjaan yang berasaskan kemahiran “kelebihan manusia” seperti pertimbangan kompleks, kecerdasan sosial-emosi, penaakulan interpersonal dan kreativiti berkemungkinan menerima ganjaran gaji lebih tinggi apabila AI generatif semakin meluas. Sebaliknya, peranan yang melibatkan kerja rutin kognitif dan tugas tersusun bukan rutin mungkin berdepan tekanan gaji. Namun, banyak pekerjaan memerlukan gabungan kedua-dua jenis kemahiran, menunjukkan potensi AI untuk melengkapi aliran kerja sedia ada ([Bahagian 3.3](#)).
- Akhir sekali, kami mengemukakan beberapa cadangan untuk memperkukuh sistem perlindungan sosial agar semua pekerja, termasuk mereka yang terlibat dalam bentuk pekerjaan tidak standard lebih bersedia menghadapi gangguan yang mungkin disebabkan oleh AI. Kami juga mencadangkan penambahbaikan kepada sistem pendidikan, latihan dan pembelajaran sepanjang hayat supaya rakyat Malaysia dilengkapi dengan kemahiran “kelebihan manusia” yang diperlukan untuk masa depan pekerjaan. Di samping itu, kami mencadangkan langkah-langkah untuk meluaskan akses kepada laluan pembelajaran ini. Akhir sekali, kami mencadangkan beberapa cara untuk menyelaraskan semula institusi pasaran buruh dan insentif majikan agar penggunaan AI lebih menyokong pekerja serta dapat meningkatkan kualiti pekerjaan dalam sektor yang tidak terjejas disebabkan automasi ([Bahagian 5](#)).

1 Latar belakang dan sorotan kajian

Gelombang perubahan teknologi yang lalu

Teknologi dengan secara konsisten merombak struktur pekerjaan, sekali gus mencorakkan transformasi perubahan ekonomi, sosial dan politik sepanjang sejarah peradaban manusia – dan kemunculan teknologi kecerdasan buatan (AI) generatif merupakan kesinambungan terbaharu dalam trajektori tersebut. Bermula daripada Revolusi Neolitik dan pengenalan kepada pertanian serta penternakan kira-kira 12,000 tahun yang lalu, hinggalah kepada era perkembangan komputer pada dekad 1980-an dan penggunaan robot perindustrian pada awal 2000-an, kemajuan teknologi mengubah bukan sahaja cara kerja distrukturkan dan siapa yang melaksanakannya, bahkan juga siapa yang memperoleh manfaat daripadanya. Perubahan ini bukan sahaja didorong oleh keupayaan teknologi, tetapi turut ditentukan oleh interaksi antara teknologi dan pilihan institusi serta dasar awam. AI generatif membina asas daripada gelombang automasi sebelumnya dengan meneroka sempadan baharu yang sebelum ini tidak disentuh oleh modal: iaitu automasi tugas-tugas kognitif yang selama ini dianggap eksklusif kepada kemampuan manusia.¹

Secara umum, perubahan teknologi sering dianggap sebagai pemangkin kemajuan sejagat. Penciptaan pertanian membolehkan pengeluaran makanan secara berlebihan dan seterusnya membawa kepada kemunculan tamadun. Sementara Revolusi Perindustrian pula menghasilkan lonjakan produktiviti dan pendapatan yang luar biasa, walaupun pada peringkat awal hanya dinikmati oleh segelintir elit.² Terkini, teknologi digital merevolusikan komunikasi global, memperluas akses kepada ilmu pengetahuan dan pendidikan, mengurangkan kos transaksi, serta mendemokrasikan proses inovasi di peringkat antarabangsa. Apabila ditinjau dari perspektif sejarah berabad lamanya, setiap gelombang perubahan teknologi kelihatan berperanan dalam meningkatkan kesejahteraan manusia, justeru mengukuhkan tanggapan bahawa teknologi merupakan kekuatan yang tidak dapat dielakkan dan membawa kebaikan secara universal. Dalam kerangka ini, sebarang usaha untuk mengawal atau mengarahkan hala tuju teknologi sering kali dilihat sebagai tidak produktif, malah bertentangan dengan aspirasi kemajuan sosial dan ekonomi yang berterusan.

Bagaimanapun, setiap gelombang teknologi baharu turut membawa implikasi yang kompleks, sama ada dalam bentuk gangguan jangka pendek mahupun kesan sosio-ekonomi jangka panjang. Kewujudan sesuatu teknologi serba guna yang baharu lazimnya mengakibatkan penggantian tenaga kerja serta perubahan dalam struktur industri. Sebagai contoh, di United Kingdom, mekanisasi semasa Revolusi Perindustrian meningkatkan produktiviti secara drastik, namun pada masa yang sama menekan gaji sebenar pekerja dan kekayaan hanya tertumpu dalam kalangan pemilik modal.³ Hanya selepas beberapa dekad pelaksanaan dasar-dasar yang memperkukuh kuasa tawar-menawar pekerja serta berlakunya perubahan sosio-ekonomi yang menyeluruh, barulah peningkatan produktiviti diterjemahkan kepada

taraf hidup yang lebih baik secara meluas menjelang akhir abad ke-19.^{4 5} Di Amerika Syarikat pula, ketidaksamaan kekal ketara sehingga era akhir abad ke-19 (*Gilded Age*); hanya selepas tercetusnya Zaman Meleset (*Great Depression*) serta pelaksanaan reformasi menyeluruh dalam bidang buruh dan kebajikan, barulah hasil pertumbuhan produktiviti bertukar menjadi kemakmuran yang lebih luas.⁶

Gelombang perubahan teknologi yang lebih terkini pula turut membawa peningkatan produktiviti, tetapi pada masa yang sama meninggalkan kesan negatif terhadap golongan pekerja dalam jangka panjang. Frey (2019) berhujah pengkomputeran kerja-kerja rutin kognitif sejak tahun 1980-an meningkatkan produktiviti dan mengurangkan kos, tetapi turut menekan gaji pekerja berkemahiran rendah.⁷ Kebangkitan penggunaan robot perindustrian pada 2010-an pula memberi kesan besar kepada pasaran buruh tempatan dengan menurunkan kadar pekerjaan dan gaji – terutamanya bagi kerja rutin-fizikal.^{8 9 10} Sememangnya, kos penyesuaian terhadap perubahan teknologi boleh menjadi sangat tinggi, terutamanya jika keseluruhan kawasan perindustrian terjejas atau jika perubahan itu sangat berat sebelah daripada segi kemahiran. Penggantian pekerjaan akibat automasi bukanlah sesuatu yang mudah diatasi hanya dengan strategi “pengagihan semula” atau “latihan semula” – kajian terkini menunjukkan pekerja yang kehilangan pekerjaan akibat perubahan teknologi sering berakhir dalam pekerjaan yang bergaji lebih rendah dan berkualiti lebih rendah.^{11 12} Maka, gangguan jangka pendek ini boleh membawa kesan jangka panjang yang mendalam terhadap dinamik sosial dan politik yang lebih menyeluruh. Terdapat bukti kukuh yang menunjukkan kesan ekonomi daripada perubahan teknologi turut dikaitkan dengan kemerosotan perpaduan sosial, perubahan dalam corak kecenderungan politik, serta peningkatan polarisasi masyarakat.^{13 14 15}

Kebangkitan teknologi AI baharu

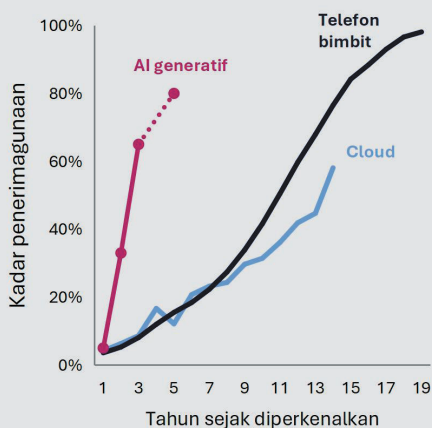
Bukti awal menunjukkan kadar penerimgunaan dan pembangunan teknologi AI yang sedang muncul berlaku jauh lebih pantas berbanding gelombang teknologi sebelumnya. Anggaran terkini menunjukkan penyebaran teknologi AI generatif berlaku sekitar lima kali lebih pantas berbanding telefon bimbit, dan tahap penerimaannya mengatasi penggunaan komputer peribadi dan internet.¹⁶ Pada masa sama, kadar pembangunan AI generatif juga jauh lebih pesat, dengan keupayaannya semakin menghampiri tahap kebolehan kognitif manusia dalam tempoh masa yang singkat. Sebagai contoh, dalam tempoh setahun, model bahasa besar utama keluaran OpenAI meningkat daripada hanya mencapai peratusan kedudukan ke-10 kepada melebihi peratusan kedudukan ke-80 dalam Peperiksaan Peguam Amerika Syarikat.¹⁷ Berbeza dengan gelombang automasi terdahulu yang banyak menggantikan tugas manual dan rutin kognitif, AI generatif kini sedang memasuki bidang berkemahiran tinggi, termasuk kerja profesional dan kreatif. Kemajuan luar biasa dari segi kadar penyebaran dan pembangunan ini mengehadkan ruang dasar dan menjadikan sukar untuk menggunakan pengalaman daripada

gelombang teknologi lepas sebagai panduan. Ia juga menimbulkan cabaran besar kepada kerangka dasar sedia ada dan sistem perlindungan sosial yang dibina untuk menghadapi perubahan kerja yang berlaku secara lebih beransur-ansur.

Peningkatan penggunaan AI generatif boleh memberi kesan kepada pekerja dan pasaran buruh melalui dua cara: kesan langsung ke atas tugas kerja, dan kesan makroekonomi yang lebih luas. Pada peringkat pekerjaan, AI generatif boleh mengautomasikan tugas tertentu dalam sesuatu pekerjaan, sekali gus mengubah keseimbangan antara modal dan tenaga kerja dalam proses pengeluaran. Malah, dalam beberapa dekad kebelakangan ini, gelombang perubahan teknologi yang berasaskan intensif-modal menyumbang kepada penurunan bahagian pendapatan yang diterima pekerja di seluruh dunia.^{18 19} Pada masa sama, bukti awal menunjukkan AI generatif boleh meningkatkan produktiviti untuk tugas atau pekerjaan tertentu – walaupun terdapat perbezaan ketara mengikut jantina dan kerumitan tugas.^{20 21} Ini menimbulkan persoalan penting pada tahap makroekonomi: walaupun produktiviti yang lebih tinggi secara teorinya boleh meningkatkan permintaan agregat terhadap tenaga kerja, ini hanya akan berlaku jika AI benar-benar berjaya meningkatkan produktiviti marginal pekerja, atau mampu mewujudkan cukup banyak pekerjaan dan industri baharu bagi menggantikan pekerjaan yang hilang. Jika AI lebih banyak menggantikan peranan pekerja tanpa mencipta pekerjaan yang bersifat pelengkap, permintaan keseluruhan terhadap tenaga kerja mungkin menurun – walaupun jumlah

Rajah 1. Penerimgunaan AI generatif lebih pantas berbanding gelombang teknologi terdahulu

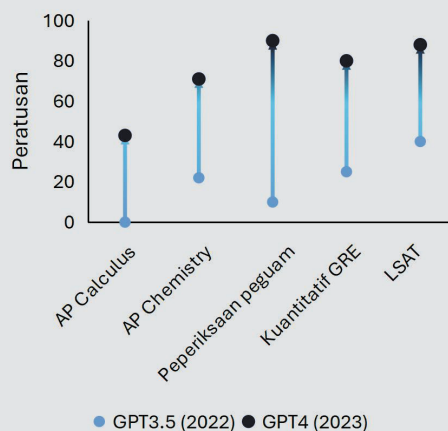
Anggaran kadar penerimgunaan sebagai % daripada jumlah populasi efektif



Sumber: Ilustrasi penulis menggunakan data daripada

Rajah 2. Keupayaan model AI berkembang dengan sangat pesat

Peratusan kedudukan skor ujian, mengikut jenis ujian



Sumber: Dikutip semula daripada Eloundou et al. (2023)

pengeluaran meningkat. Bukti awal menunjukkan automasi terkini mungkin sedang mengurangkan produktiviti marginal buruh, manakala sejauh mana AI mampu mendorong penciptaan tugas baharu masih belum dapat dipastikan.^{22 23 24}

Penyelidikan semasa mengenai kesan AI generatif terhadap pekerjaan menunjukkan pendedahan agak tinggi di seluruh negara maju dan membangun, walaupun tidak semua pekerja yang terdedah berdepan dengan risiko automasi.

Gmyrek et al. (2023) menganggarkan 13% daripada pekerjaan global, bersamaan kira-kira 427 juta pekerjaan, mungkin akan “dipertingkatkan” (“*augmented*”), iaitu AI mengambil alih aspek rutin dalam tugas mereka bagi membolehkan pekerja menumpukan kepada fungsi yang lebih kompleks, sekali gus meningkatkan produktiviti.²⁵ Sebaliknya, kira-kira 2.3% daripada pekerjaan, atau kira-kira 75 juta pekerjaan berisiko disebabkan automasi, yang bermaksud AI generatif sudah mampu menggantikan kebanyakan tugas mereka, dengan itu mengancam pekerjaan.²⁶ Pizinelli et al. (2023) menganggarkan dalam ekonomi maju seperti Amerika Syarikat dan United Kingdom, kira-kira 30% hingga 40% daripada pekerjaan berada dalam peratusan kedudukan ke-20 teratas pekerjaan yang terdedah kepada AI, manakala di pasaran baru muncul seperti Brazil, Colombia dan Afrika Selatan, kurang daripada 15% daripada pekerjaan boleh diklasifikasikan sama sebagai sangat terdedah.²⁷ Di Malaysia, laporan TalentCorp (2024) baru-baru ini menganggarkan kira-kira 18% daripada semua pekerja Malaysia dalam 10 sektor strategik akan “sangat terjejas” oleh AI, ekonomi hijau dan teknologi digital dalam tempoh tiga hingga lima tahun akan datang.²⁸ Perbezaan ini di seluruh negara mencerminkan perbezaan dalam struktur pekerjaan, dengan ekonomi maju mempunyai bahagian yang lebih besar daripada peranan intensif kognitif berkemahiran tinggi yang lebih terdedah kepada integrasi AI generatif. Walaupun begitu, sementara pendedahan automasi umumnya lebih tinggi di negara berpendapatan tinggi berbanding di negara berpendapatan rendah dan sederhana, ekonomi maju juga mempunyai perkadaran pekerjaan yang sangat terdedah yang lebih besar yang mempamerkan pelengkap yang kuat dengan AI – mencadangkan potensi AI untuk meningkatkan produktiviti. Sebaliknya, dalam ekonomi baru muncul, bahagian yang lebih besar daripada pekerjaan yang terdedah mempunyai potensi pelengkap yang rendah, meningkatkan risiko penggantian pekerjaan apabila penggunaan AI berjalan.

Dalam negara, bukti menunjukkan kesan AI generatif tidak sekata dan tidak sama rata. Wanita lebih cenderung terjejas daripada lelaki kerana tumpuan mereka dalam pekerjaan perkhidmatan dan runcit, yang sangat terdedah kepada automasi. Sebagai contoh di AS, 68% wanita berada dalam pekerjaan yang sangat terdedah, berbanding 51% lelaki. Di Brazil, angka-angka itu masing-masing adalah 52% dan 32%.²⁹ Gmyrek et al. (2023) juga mendapati secara global, wanita lebih daripada dua kali berkemungkinan daripada lelaki untuk mempunyai pekerjaan yang berisiko automasi, dengan 8% daripada pekerjaan wanita di negara berpendapatan tinggi boleh diautomasi berbanding 3% lelaki.³⁰ Begitu juga, kesan AI juga berbeza mengikut intensiti penggunaan komputer sedia ada, yang bermaksud pekerja dalam pekerjaan

dengan penggunaan digital yang lebih besar cenderung lebih terdedah kerana AI menggantikan lebih banyak tugas kognitif dan perkeranian.^{31 32} Pada masa sama, pekerjaan ini juga berpotensi yang lebih tinggi sebagai pelengkap AI, terutamanya dalam peranan profesional dan pengurusan. Pekerja dengan ijazah berdepan dengan pendedahan pekerjaan yang lebih besar kepada AI di seluruh ekonomi maju dan baru muncul, tetapi mereka juga lebih cenderung berada dalam peranan di mana AI berfungsi sebagai alat peningkatan berbanding pengganti.

Konteks dasar Malaysia

Sebagai tindak balas, Malaysia memperkenalkan pelbagai dasar yang mencerminkan komitmen kerajaan terhadap penggunaan dan integrasi AI. Inisiatif dasar utama pertama, Pelan Hala Tuju Kecerdasan Buatan (AI-Rmap) 2021-2025, diperkenalkan Kementerian Sains, Teknologi, dan Inovasi (MOSTI) untuk membangunkan Malaysia menjadi sebuah negara berteknologi tinggi yang didorong AI. Pelan hala tuju ini meletakkan asas untuk tadbir urus AI, termasuk penciptaan Unit Penyelarasan dan Pelaksanaan AI (AI-CIU) untuk menyelia etika, dasar dan peraturan AI, serta pembangunan bakat. Pada masa sama, Rangka Tindakan Ekonomi Digital Malaysia, yang dilancarkan pada tahun 2021, menggariskan strategi transformasi digital yang lebih luas yang dikenali sebagai MyDIGITAL, di mana AI diiktiraf secara umumnya sebagai alat untuk meningkatkan produktiviti sektor awam. Kemudian pada tahun 2023, Pelan Induk Perindustrian Baru 2030 (NIMP 2030) diperkenalkan, mengarahkan tumpuan AI Malaysia ke arah perindustrian dan kerumitan ekonomi. AI dibingkai sebagai pemboleh pembuatan pintar, automasi dan kecekapan rantai bekalan, menyelaraskan Malaysia dengan Industri 4.0 dan robotik maju.

Dokumen dasar seperti NIMP juga menekankan Malaysia menyasarkan untuk meletakkan dirinya sebagai peneraju pasaran dalam teknologi AI. Pada tahun 2024, Kementerian Digital memperkenalkan badan tadbir urus AI yang berasingan, Pejabat AI Kebangsaan (NAIO), untuk “mempercepatkan penggunaan AI, memupuk inovasi dan memastikan pembangunan AI yang beretika”. Dalam Belanjawan 2025, kerajaan memperuntukkan dana untuk (i) penyelidikan berkaitan AI di universiti awam; (ii) Malaysia Techlympics untuk membangunkan bakat muda yang mempunyai kepakaran dalam robotik dan teknologi AI; (iii) potongan cukai untuk universiti dan institusi swasta yang membangunkan kursus berkaitan AI; dan (iv) penubuhan NAIO untuk meningkatkan penggunaan AI. Walau bagaimanapun, ketika dasar-dasar ini menunjukkan komitmen yang kuat terhadap transformasi yang didorong oleh AI, percambahan pelbagai dasar berkaitan AI, terutamanya, usaha pembangunan tenaga kerja yang berpecah-belah – merangkumi universiti, program pendidikan dan latihan teknikal dan vokasional (TVET) dan kerjasama industri – menimbulkan kebimbangan mengenai redundansi dan ketidakcekapan dasar.

Penulisan ini mengkaji bagaimana teknologi AI generatif boleh membentuk masa depan pekerjaan di Malaysia. Kajian ini menangani dua persoalan utama:

pertama, bagaimana teknologi AI generatif boleh menjejaskan pekerja Malaysia dan kumpulan mana yang menghadapi pendedahan tertinggi? Kedua, apakah jenis dasar yang diperlukan untuk memaksimumkan manfaat penyebaran teknologi sambil mengurangkan potensi kesan buruk? Di sini, adalah penting untuk menjelaskan kita kekal agnostik sama ada pendedahan menyamai penggantian pada peringkat ini, langkah-langkah pelengkap dan penggantian sedia ada adalah sangat subjektif. Sebaliknya, kami menggunakan istilah “pendedahan” untuk mengukur pertindihan antara keupayaan teknologi dan tugas pekerjaan - pertindihan yang berpotensi membawa kepada automasi (penggantian) atau peningkatan (pelengkap) buruh manusia. Analisis kami menilai sama ada tugas boleh diautomasi secara prinsip oleh keupayaan teknologi AI generatif semasa, bukannya meramalkan hasil automasi sebenar, yang akhirnya bergantung pada interaksi kompleks keputusan perniagaan, pertimbangan politik dan faktor institusi.

Selebihnya penulisan ini disusun seperti berikut: Bahagian 2 menyediakan gambaran keseluruhan pasaran buruh Malaysia, termasuk kerangka kerja teori dan statistik deskriptif. Bahagian 3 membentangkan analisis dan hasilnya. Bahagian 4 menyimpulkan dengan cadangan dasar.

2 Kerangka kerja dan data konseptual

Beberapa pendekatan metodologi wujud untuk menilai bagaimana AI dan automasi menjejaskan pekerjaan. Secara amnya, pendekatan ini boleh diletakkan ke dalam dua kategori: penunjuk permintaan buruh dan kaedah berasaskan struktur pekerjaan.³³ Penunjuk berasaskan permintaan biasanya menggunakan data jawatan pekerjaan dalam talian untuk mengukur permintaan untuk kemahiran khusus AI – dengan rasional penyebaran teknologi baru akan muncul sebagai perubahan permintaan untuk kemahiran tertentu.^{34 35} Sebaliknya, pendekatan berasaskan-struktur-pekerjaan bergantung pada klasifikasi pekerjaan peringkat negara yang terperinci – seperti pangkalan data O*NET Jabatan Buruh AS atau Piawaian Pengelasan Pekerjaan Antarabangsa (ISCO) – untuk menganggarkan potensi automasi dengan menilai tugas mana yang boleh dilakukan oleh teknologi baru.^{36 37 38}

Penulisan ini mengguna pakai pendekatan berasaskan struktur pekerjaan untuk menilai secara sistematik kesan AI generatif terhadap pasaran buruh Malaysia. Kami mengkonsepkan pekerjaan sebagai koleksi tugas, membolehkan analisis yang lebih terperinci tentang risiko automasi di peringkat tugas di semua pekerjaan (Lampiran A1). Kaedah ini menawarkan liputan yang luas di semua pekerjaan dalam pasaran buruh sambil mengelakkan batasan tertentu pendekatan berasaskan permintaan buruh, termasuk liputan yang tidak lengkap dalam sektor yang kurang digital atau pekerjaan tidak formal. Walau bagaimanapun, terdapat batasan kepada pendekatan ini: ia tidak menangkap interaksi AI generatif dengan teknologi pelengkap lain, seperti robotik, dan ia tidak dapat secara langsung mengambil kira penciptaan

pekerjaan baru kerana struktur pekerjaan-tugas diandaikan statik pada satu titik masa yang diberikan.³⁹

Kami menggunakan pendekatan ini kepada set data pekerjaan-tugas berstruktur berdasarkan Piawaian Pengelasan Pekerjaan Malaysia (MASCO). MASCO menawarkan taksonomi pekerjaan yang terperinci dan tugas-tugas yang berkaitan, yang boleh diakses secara awam melalui platform eMASCO. Untuk analisis ini, kami mengekstrak data daripada eMASCO bagi membina set data komprehensif yang merangkumi penerangan pekerjaan, senarai tugas yang berkaitan serta butiran tambahan khusus pekerjaan, termasuk kemahiran dan latihan yang diperlukan menurut Standard Kemahiran Pekerjaan Kebangsaan (NOSS) atau Klasifikasi Pekerjaan Kebangsaan (NEC) Malaysia.

Bagi menetapkan skor automasi AI generatif di peringkat tugas, kami menggunakan kaedah penilaian berasaskan-rubrik yang dimaklumkan literatur terkini. Mengikut kaedah Gmyrek et al. (2023) dan Eloundou et al. (2023), kami menggunakan panggilan bersiri berfrekuensi tinggi (digunakan pada set data tugas pekerjaan MASCO) kepada API GPT-4o dengan menggunakan set arahan (prompt) tersuai (Lampiran A2).^{40 41} Khususnya, untuk setiap 3,477 tugas pekerjaan di peringkat 4 digit, kami menjana skor automasi peringkat tugas antara 0 dan 1, dengan 1 menunjukkan tugas itu mempunyai potensi tertinggi untuk automasi AI generatif. Latihan ini pada dasarnya membandingkan semantik tugas dengan keupayaan semasa teknologi AI generatif. Penting untuk dinyatakan skor ini tidak menunjukkan hasil automasi yang diramalkan, kerana ia bergantung kepada faktor-faktor yang tidak kami ambil kira, seperti dimensi etika dan operasi dalam pelaksanaan AI. Walau bagaimanapun, ia memberikan anggaran berguna mengenai potensi automasi sesuatu tugas, yang membolehkan kami mengkaji bagaimana teknologi baharu mungkin menjejaskan pekerjaan.

Untuk mengukur tahap pendedahan setiap pekerjaan kepada AI generatif, kami menggabungkan skor automasi di peringkat tugas individu ini ke dalam satu indeks pendedahan AI di peringkat pekerjaan. Secara khusus, kami mengira peratusan tugas dalam setiap pekerjaan yang melebihi ambang tertentu bagi risiko automasi (Lampiran A1).⁴² Perlu diperhatikan kaedah pengagregatan ini berbeza daripada yang digunakan oleh Gmyrek et al. (2023), yang mengklasifikasikan pekerjaan sama ada sebagai sangat boleh diautomasi, boleh dipertingkatkan, terlindung, atau tergolong dalam kategori “tidak diketahui besar” (*great unknown*), bergantung kepada gabungan skor median di peringkat tugas dan variasi skor tugas.⁴³ Pendekatan kami yang lebih mudah berasaskan ambang (threshold-based) ini mempunyai kelebihan dari segi ketelusan, mengelakkan kekaburan kategori, serta memerlukan andaian awal (*ex ante*) yang lebih sedikit tentang potensi peningkatan di luar tahap pendedahan. Menggunakan kaedah ini pada set data MASCO kami, kami mengira indeks pendedahan AI peringkat pekerjaan - juga terdiri daripada 0 (pendedahan rendah) hingga 1 (pendedahan tinggi) – untuk 484 pekerjaan di peringkat empat digit MASCO dan 3,597 pekerjaan di peringkat enam-digit.

Seterusnya, kami mengaitkan data pendedahan AI peringkat-pekerjaan dengan Survei Tenaga Buruh (LFS) Malaysia untuk mengkaji bagaimana AI generatif menjejaskan kumpulan pekerja berbeza. Secara khususnya, kami menilai pendedahan AI merentasi ciri-ciri demografi dan pekerjaan utama, termasuk jantina, umur, sektor dan tahap kemahiran, untuk memahami demografi yang paling terdedah kepada teknologi AI generatif. Kami juga menggunakan set data kemahiran peringkat pekerjaan enam digit MASCO yang lebih terperinci, yang menyediakan senarai kemahiran yang diperlukan untuk setiap pekerjaan, yang diekstrak dari eMASCO, untuk menentukan kemahiran mana yang paling berkait rapat dengan pendedahan AI yang lebih tinggi atau lebih rendah. Akhir sekali, kami menggabungkan set data kemahiran pekerjaan ini dengan data dari Tinjauan Gaji dan Upah Malaysia untuk melihat bagaimana gaji berkaitan dengan pendedahan automasi dan mengenal pasti kemahiran bernilai tinggi dalam konteks intensiti automasi.

3 Hasil anggaran

3.1 Pendedahan pekerjaan Malaysia kepada AI

Skor automasi peringkat tugas mendedahkan variasi ketara dalam pendedahan AI, dengan tugas berstruktur dan rutin secara amnya lebih automatik, dan tugas yang melibatkan pertimbangan subjektif atau interaksi manusia tidak begitu banyak. Tugas yang sangat terdedah kepada automasi AI generatif biasanya melibatkan aktiviti yang boleh diramal, berulang atau berasaskan teks dengan kurang keperluan untuk pertimbangan subjektif. Ini termasuk tugas seperti menaip atau menyalin bahan bertulis, membaca prof, memproses rekod perubatan dan merekod transaksi kewangan (Jadual 1). Sebaliknya, tugas yang paling kurang terdedah kepada automasi AI generatif biasanya melibatkan pembuatan keputusan yang kompleks atau interaksi sosio-emosi, dan/atau ketangkasan fizikal-manual. Contohnya termasuk meminda undang-undang, menyediakan rawatan perubatan atau pergigian, mengajar pelatih penerbangan dan urutan terapeutik.

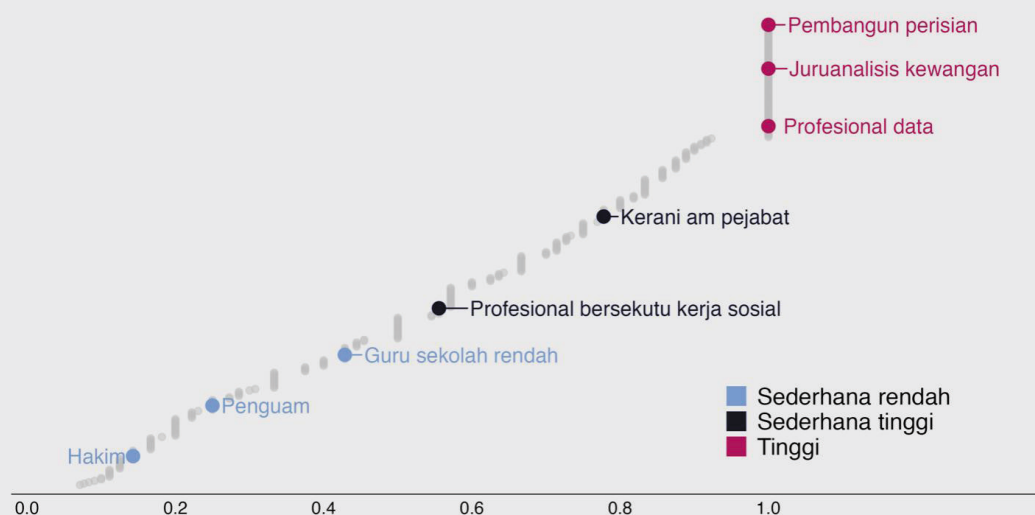
Di peringkat pekerjaan, separuh daripada pekerjaan Malaysia berada dalam kategori pendedahan “sederhana tinggi” atau “tinggi”, yang bermaksud pekerjaan ini mempunyai lebih daripada 40% daripada tugas mereka yang boleh diautomasi AI generatif. Seperti yang diperincikan dalam Bahagian 2, kami mengira pendedahan AI peringkat pekerjaan dengan mengukur perkadaran tugas dalam setiap pekerjaan yang skor automasinya melebihi ambang peringkat tugas median (Lampiran A1). Pekerjaan dalam kuartil pendedahan tertinggi seperti pembangun perisian, penganalisis kewangan dan pengaturcara aplikasi mempunyai indeks pendedahan AI 1.0, menunjukkan setiap tugas dalam pekerjaan yang paling terdedah ini boleh diautomasi AI generatif dalam tempoh tiga hingga lima tahun akan datang (Rajah 3). Pekerjaan ini biasanya terdiri daripada aktiviti kognitif berstruktur, seperti analisis data, pengkodan dan pemprosesan maklumat. Sebaliknya, pekerjaan dalam kuartil yang

Jadual 1. Tugas dengan skor automasi AI tertinggi dan terendah

Tugasan	Skor automasi AI (0 - 1)
5 skor automasi tertinggi teratas (paling boleh diautomatikkan)	
Menaip bahan bertulis daripada draf awal, membetulkan salinan, rakaman suara, atau trengkas dengan menggunakan komputer, pemproses kata atau mesin taip.	0.95
Menyemak kerja yang telah siap untuk memastikan ejaan, tatabahasa, tanda baca dan format yang betul.	0.95
Menyalin semula maklumat yang dicatat dengan trengkas dan direkod dengan peralatan rakaman suara.	0.95
Menyalin, menyusun dan memproses rekod perubatan pesakit, dokumen kemasukan dan pelepasan dan lain-lain laporan perubatan ke dalam rekod sistem penyimpanan untuk menyediakan data bagi pemantauan dan rujukan pesakit.	0.85
Merekod serta menghantar arahan pembelian dan penjualan sekuriti, saham, bon dan tukaran matawang asing.	0.85
5 skor automasi terendah (paling kurang boleh diautomatikkan)	
Membuat, mengesahkan, meminda atau memansuhkan undang-undang dan peraturan awam dalam rangka kerja berkanun atau perlembagaan.	0.10
Memberi rawatan pergigian.	0.10
Memeriksa dan merawat pesakit, menguruskan rawatan dan pemeriksaan ibu-ibu mengandung serta menyambut kelahiran bayi, menjalankan pemeriksaan mayat dan menyediakan laporan, menjalankan tugas-tugas 'on call' dan menyampaikan ceramah-ceramah.	0.10
Memberi arahan dalam penerbangan, menyelia penerbangan solo, menemani penuntut dalam latihan penerbangan dan menunjukkan teknik untuk mengawal pesawat udara.	0.10
Mengurut pelanggan untuk meningkatkan peredaran darah, melegakan atau merangsang urat saraf, memudahkan pembuangan najis, meregangkan tendon yang mengecut dan menghasilkan kesan terapeutik yang lain.	0.05
Nota: Tugas dari pekerjaan dalam kategori MASCO 1-digit dan 7, 8 dan 9 dikecualikan kerana kebanyakan tugas dalam ini pekerjaan melibatkan buruh fizikal yang berada di luar fungsi AI generatif.	

Rajah 3. Variasi signifikan dalam pendedahan AI merentasi pekerjaan

Pekerjaan 4-digit MASCO disusun mengikut indeks pendedahan AI



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO

Nota: Pekerjaan dengan indeks pendedahan AI sifar dikecualikan.

Jadual 2. Skor automasi AI peringkat tugas dan skor pendedahan AI peringkat pekerjaan bagi pekerjaan terpilih

Kerjaan	Tugasan	Melampaui ambang automasi
Pembangun perisian (Pendedahan AI: <i>tinggi</i>)	Menyelidik, menganalisis dan menilai keperluan aplikasi perisian dan sistem operasi	✓
	Mengubahsuai perisian sedia ada untuk membetulkan ralat dan menyesuaikan dengan perkakasan baru, atau untuk menaik taraf antara muka (interface) dan meningkatkan prestasi	✓
	Meningkatkan kefahaman dan menyelaraskan pelaksanaan kerja	✓
	Menyelidik, mereka bentuk dan membangunkan sistem perisian komputer	✓
	Membangun dan mengarahkan pengujian perisian dan pengesahan prosedur	✓
	Mengarah pengaturcaraan perisian dan pembangunan dokumentasi	✓

Kerjaan	Tugasan	Melampaui ambang automasi
	Menilai, membangunkan, menaik taraf dan mendokumentasi prosedur penyelenggaraan untuk sistem operasi, persekitaran komunikasi, dan perisian aplikasi	✓
	Merujuk kakitangan kejuruteraan untuk menilai antara muka (interface) antara perkakasan dengan perisian	✓
	Merujuk pelanggan berhubung dengan penyelenggaraan sistem perisian	✓
Judges (Pendedahan AI: rendah)	Menyelidik sesuatu isu perundangan dan membuat laporan mengenai isu tersebut	✓
	Mendengar serta menimbang hujah dan keterangan	X
	Mentafsir dan menguatkuasakan prosedur peraturan dan membuat ketetapan mengenai kebolehterimaan keterangan	X
	Menentukan hak dan obligasi pihak yang terbabit	X
	Meningkatkan kefahaman dan menyelaraskan pelaksanaan kerja	X
	Mengarah juri mengenai butiran undang-undang yang terpakai kepada kes tersebut	X
	Mengumumkan penghakiman	X

Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO

Nota: Seperti dinyatakan dalam Lampiran A1, sesuatu tugas dianggap boleh diautomasi sekiranya skor yang diberikan melebihi nilai median bagi semua skor automasi AI di peringkat tugas dalam sampel kami. Senarai tugas adalah berdasarkan MASCO 2020.

paling kurang terdedah cenderung mempunyai perkadaran tugas yang lebih tinggi yang memerlukan tafsiran samar-samar maklumat yang kompleks, sensitiviti etika, atau interaksi manusia yang ketara. Contohnya, daripada tujuh tugas yang disenaraikan MASCO untuk seorang hakim, hanya satu tugas yang dianggap boleh diautomasikan oleh AI generatif, manakala tugas-tugas lain – termasuk mentafsir undang-undang dan mengumumkan penghakiman – tidak boleh diautomasikan, berbeza dengan tugas-tugas yang dilakukan pembangun perisian (Jadual 2).

Secara keseluruhan, AI generatif secara signifikan meluaskan skop automasi kepada pekerjaan yang melibatkan tugas kognitif tahap tinggi dalam konteks Malaysia. Tugas kognitif berstruktur (walaupun yang dianggap tidak rutin) seperti memasukkan data, semakan dokumen asas, dan pengkompilasian maklumat semakin dapat digantikan oleh keupayaan teknologi semasa. Namun begitu, pekerjaan yang dicirikan oleh perkadaran tinggi tugas yang melibatkan penyelesaian masalah yang kompleks, pertimbangan yang teliti, kemahiran interpersonal, serta tugas yang memerlukan gabungan keupayaan kognitif-fizikal, kekal agak berdaya tahan terhadap automasi teknologi dalam tempoh jangka terdekat. Dengan cara ini, AI generatif boleh memperhebatkan gelombang perubahan teknologi berasaskan-rutin yang lalu sambil memperluaskan sempadan automasi kepada tugas kognitif yang lebih-tinggi – tetapi masih boleh diramal dan berstruktur.⁴⁴

Perkara penting yang perlu diambil perhatian ialah anggaran ini mencerminkan sama ada tugas boleh diautomasi secara prinsip berdasarkan keupayaan teknologi AI generatif semasa, dan bukannya meramalkan penggantian pekerjaan yang sebenar. Hasil pasaran buruh dunia sebenar bergantung kepada banyak faktor lain selain teknologi, termasuk kadar dan tahap penerimaan AI generatif, kekangan dasar dan politik, serta penerimaan masyarakat.⁴⁵ Oleh itu, skor automasi peringkat tugas dan indeks pendedahan AI peringkat pekerjaan yang dianggarkan dalam penulisan ini harus dilihat sebagai mewakili senario had maksimum bagi potensi kesan daripada pelaksanaan teknologi AI generatif semasa.

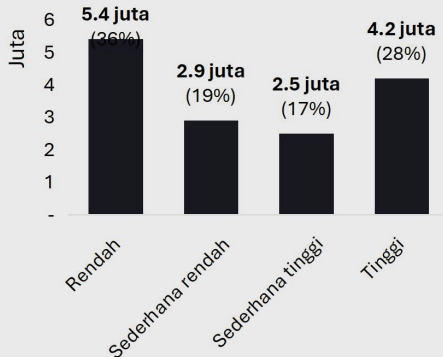
3.2 Memetakan indeks pendedahan AI kepada tenaga buruh Malaysia

Bahagian ini mengkaji taburan indeks pendedahan AI dalam kalangan kumpulan sosio-demografi yang berbeza. Memandangkan indeks pendedahan AI kami dianggarkan pada peringkat pekerjaan 4-digit, kami memetakan indeks ini kepada pekerjaan pekerja menggunakan Survei Tenaga Buruh 2021, tinjauan perwakilan kebangsaan yang dijalankan oleh Jabatan Perangkaan (DOSM). Seperti dalam bahagian sebelumnya, kami mengkategorikan indeks pendedahan AI peringkat pekerjaan dalam kuartil: “pendedahan rendah”, “pendedahan sederhana-rendah”, “pendedahan sederhana-tinggi” dan “pendedahan tinggi”.

Walaupun kebanyakan pekerja berada dalam kuartil pendedahan rendah, lebih daripada 1 dalam 4 pekerja terdedah tinggi kepada AI generatif. Kira-kira 5.4 juta pekerja, yang berjumlah 36% daripada jumlah pekerjaan, diklasifikasikan (Rajah 4). Walau bagaimanapun, jumlah yang ketara – kira-kira 4.2 juta pekerja atau 28% daripada tenaga kerja – termasuk dalam kuartil pendedahan tertinggi. Apabila digabungkan dengan pekerja dalam kategori pendedahan sederhana-tinggi (2.5 juta atau 17%), kira-kira 6.7 juta pekerja (45% daripada jumlah pekerjaan) menghadapi pendedahan yang ketara tinggi kepada AI generatif. Penemuan ini secara kasarnya selari dengan anggaran sebelumnya. Tabung Kewangan Antarabangsa (2025), menggunakan metodologi yang dibangunkan oleh Felten et al. (2020) dan Pizzinelli et al. (2023), turut mendapati 48% pekerja Malaysia terdedah tinggi kepada automasi didorong-AI.^{46 47 48}

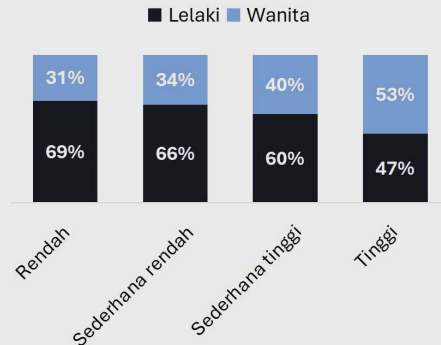
Rajah 4. 28% pekerja Malaysia terdedah tinggi kepada AI generatif

Pekerja mengikut kuartil pendedahan AI, 2021



Rajah 5. Wanita lebih cenderung terdedah pada tahap yang lebih tinggi berbanding lelaki

Perkongsian pekerjaan mengikut kuartil pendedahan AI, mengikut jantina



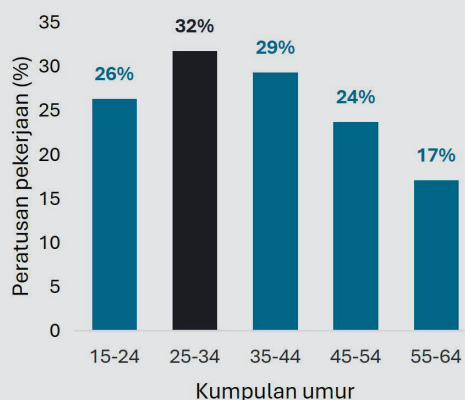
Sumber: Kiraan pengarang berdasarkan data DOSM

Nota: Anggaran diperoleh daripada data Survei Tenaga Buruh 2021. Peratus dalam kurungan merujuk kepada peratusan pekerja dalam kategori pendedahan AI sebagai peratusan daripada semua pekerja.

Wanita dan pekerja muda di usia-perdana lebih terdedah tinggi kepada AI generatif, menimbulkan kebimbangan tentang mobiliti yang terhenti. Berbanding semua pekerja, wanita membentuk lebih daripada separuh daripada mereka dalam kategori yang terdedah tinggi, walaupun penyertaan tenaga buruh lebih rendah (Rajah 5). Ini konsisten dengan magnitud yang ditemui kajian lalu di rantau ini.^{49 50} Merentasi umur, data menunjukkan jumlah umur pekerja dalam kuartil pendedahan AI tertinggi (Rajah 6) adalah berbentuk-‘U’ songsang – ia memuncak untuk pekerja muda di usia perdana (25-34 tahun), kemudian menurun untuk pekerja berumur 45 tahun ke atas (Rajah 6). Pada hujung taburan, pekerja termuda (15-24 tahun) paling ramai diwakili dalam kuartil pendedahan terendah (Rajah 7). Ini berkemungkinan kerana golongan termuda cenderung mengambil peranan manual yang memerlukan sedikit atau tiada pengalaman dan disebabkan itu kurang terdedah kepada penggantian AI generatif. Secara keseluruhannya, angka-angka ini boleh membayangkan corak yang membimbangkan: pekerja muda mungkin terperangkap dalam peranan berkemahiran rendah, kerana pekerjaan kognitif peringkat kemasukan yang biasanya menjadi tangga untuk peranan yang lebih khusus dan senior – adalah yang paling terdedah kepada AI generatif, memperdalam polarisasi berasaskan umur.

Rajah 6. Pekerja muda di usia-perdana lebih terdedah tinggi kepada AI generatif

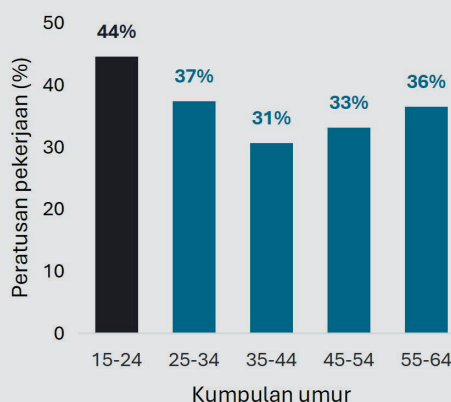
Bahagian daripada jumlah pekerjaan dalam kuartil tertinggi pendedahan AI, mengikut kumpulan umur



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data DOSM

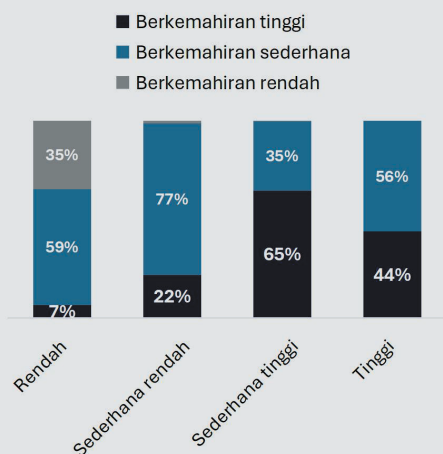
Rajah 7. Pekerja <24 tahun paling ramai diwakili dalam kuartil pendedahan terendah

Bahagian daripada jumlah pekerjaan dalam kuartil terendah pendedahan AI, mengikut kumpulan umur



Rajah 8. Jumlah lebih besar pekerja berkemahiran sederhana dalam kategori pendedahan tertinggi

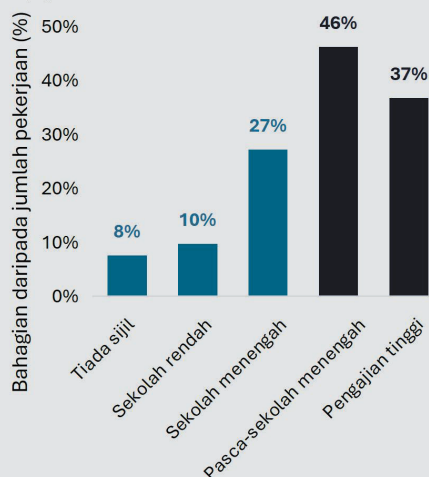
Perkongsian pekerjaan dalam setiap kuartil pendedahan AI, mengikut tahap kemahiran



Sumber: Kiraan penulis menggunakan data DOSM

Rajah 9. Pendedahan meningkat secara mendadak dengan tahap pendidikan sebelum mendarat pada kelayakan tertinggi

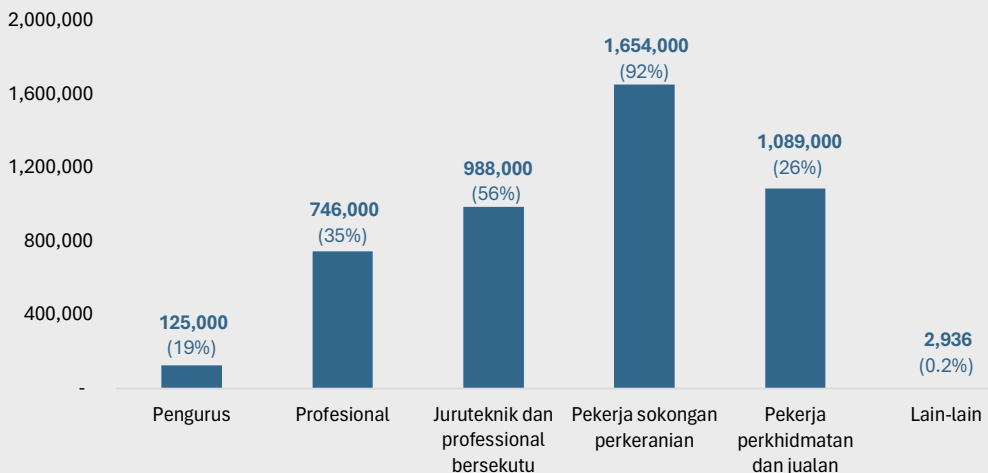
Bahagian daripada jumlah pekerjaan dalam kuartil tertinggi pendedahan AI, mengikut tahap pendidikan



Pendedahan kepada AI generatif seiring dengan kemahiran dan tahap pendidikan, tetapi memuncak di bahagian pertengahan taburan, dan menurun pada tahap tertinggi. Memisahkan skor pendedahan AI generatif mengikut tahap kemahiran mendedahkan perkongsian yang lebih besar daripada pekerja berkemahiran sederhana berada dalam kategori pendedahan tertinggi berbanding pekerja berkemahiran tinggi (masing-masing 56% dan 44%, Rajah 8). Sebaliknya, pekerja berkemahiran rendah kebanyakannya terdedah pada tahap rendah. Pendedahan meningkat dengan ketara mengikut tahap pendidikan sebelum mendarat kepada kelayakan yang lebih tinggi: 46% pekerja dengan pendidikan pasca-menengah berada dalam kuartil pendedahan tertinggi, manakala bahagian ini menurun sedikit kepada 37% dalam kalangan pekerja dengan pendidikan tertiar (Rajah 9). Corak ini menunjukkan pendedahan AI generatif memuncak dalam julat kemahiran dan pendidikan sederhana-hingga-tinggi, mencerminkan kesan mendarat pada tahap tertinggi. Walau bagaimanapun, adalah penting untuk diperhatikan walaupun pekerja berpendidikan tinggi mungkin menghadapi pendedahan yang lebih tinggi secara relatif, mereka juga lebih cenderung untuk memanfaatkan potensi pendedahan ini untuk penambahan keupayaan berbanding penggantian.⁵¹

Rajah 10. Hampir semua pekerja sokongan perkeranian dijangka terdedah kepada AI generatif pada tahap tinggi

Bilangan pekerja dalam kuartil tertinggi pendedahan AI, mengikut kategori 1-digit MASCO



Sumber : Kiraan penulis berdasarkan data DOSM

Nota: Lain-lain termasuk pekerja mahir pertanian, perhutanan, penternakan dan perikanan, pekerja kraf dan perdagangan berkaitan, operator dan pemasang loji dan mesin, dan pekerjaan asas. Peratus dalam kurungan merujuk kepada peratusan pekerja dalam kuartil pendedahan AI tertinggi sebagai peratusan daripada semua pekerja dalam kategori itu.

Jika dipecahkan mengikut pekerjaan, teknologi AI generatif dijangka memberi kesan secara tidak seimbang kepada pekerja berpengetahuan. Pekerja sokongan perkeranian adalah yang paling terdedah kepada AI generatif (Rajah 10). Anggaran kami menunjukkan hampir semua pekerja sokongan perkeranian dijangka terdedah kepada teknologi AI generatif pada tahap sederhana-tinggi hingga tinggi. Ini kerana peranan perkeranian, seperti setiausaha dan kerani kemasukan data, didominasi tugas yang berstruktur dan boleh diramal, yang boleh dilakukan teknologi AI generatif. Daripada segi bahagian daripada jumlah pekerjaan, pekerja sokongan perkeranian membentuk 10% pada tahun 2023, menurut Survei Tenaga Buruh. Selain itu, pekerja dalam kategori juruteknik dan profesional bersekutu serta profesional juga mempunyai pendedahan yang agak tinggi – pekerjaan yang secara amnya dikaitkan dengan “kerja berpengetahuan”.⁵² Namun, seperti yang ditegaskan sebelum ini, pekerja berkemahiran tinggi cenderung mempunyai tugas yang lebih melengkap AI berbanding tugas rutin perkeranian.⁵³ Memecahkannya mengikut sektor menunjukkan sektor perkhidmatan mempunyai sebahagian besar pekerja yang terdedah tinggi kerana perkongsian tinggi pekerja jualan, kerani pejabat dan profesional perniagaan serta pentadbiran. Memfokuskan kepada peringkat industri yang lebih terperinci (MSIC 2-digit), data kami menunjukkan industri, seperti insurans, hartanah dan perkhidmatan kewangan lain, mempunyai perkongsian pekerjaan tertinggi yang terdedah pada tahap pendedahan AI tertinggi (Jadual 3).

Pekerja bergaji lebih tinggi cenderung mempunyai pendedahan yang lebih tinggi kepada AI generatif tetapi ini menurun pada peringkat teratas taburan gaji. Rajah 11 dan Rajah 12 menunjukkan secara purata, pendedahan AI meningkat dengan gaji. Walau bagaimanapun, hubungan ini adalah tidak monotonik. Pada tahap gaji tertinggi, iaitu pada 20% teratas, kami perhatikan kesan mendatar sama yang diperhatikan dalam pendedahan kemahiran dan pendidikan: iaitu, pendedahan menurun, menekankan kesan potensi AI generatif yang paling ketara terletak pada peranan peringkat sederhana hingga sederhana-atas, manakala jawatan bergaji tertinggi – kemungkinan besar mereka yang mempunyai perkadaran tertinggi tugas yang terdiri daripada kreativiti dan pertimbangan sosio-emosi yang kompleks - kekal agak kurang terdedah. Nuansa corak pendedahan gaji ini diterokai lebih lanjut dalam analisis kemahiran seterusnya di Bahagian 3.3.

Negeri-negeri yang lebih maju mempunyai kadar pendedahan AI yang lebih tinggi, mencerminkan tumpuan yang lebih besar kepada pekerjaan berintensifkan pengetahuan. Negeri dengan KDNK per kapita yang lebih tinggi cenderung mempunyai lebih ramai “pekerja berpengetahuan”, yang lebih cenderung untuk terdedah kepada teknologi AI generatif (Rajah 13). Sebagai contoh, di Putrajaya di mana hampir separuh daripada pekerja terdedah tinggi kepada AI, majoritinya adalah profesional dan pekerja sokongan perkeranian, terutamanya dalam sektor awam. Sebaliknya, di Terengganu dengan bahagian jumlah pekerja terendah yang terdedah tinggi kepada AI generatif, majoritinya adalah pekerja perkhidmatan dan jualan serta pekerja berkaitan kraf dan perdagangan.

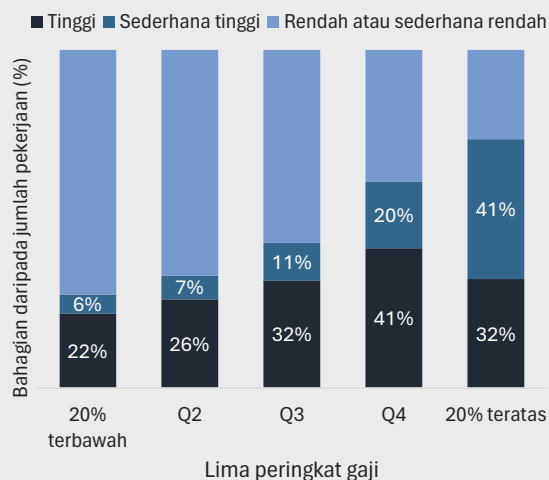
Jadual 3. 10 industri teratas dengan indeks pendedahan AI sederhana hingga tinggi tertinggi

MSIC 2-digit	Perkongsian pekerjaan dalam kategori pendedahan AI tinggi (%)
Insurans/takaful	91.8
Aktiviti hartanah	87.4
Aktiviti perkhidmatan kewangan, kecuali insurans/takaful	87.1
Aktiviti sampingan kepada perkhidmatan kewangan dan insurans/takaful	84.8
Aktiviti pekerjaan	78.6
Aktiviti perjudian dan pertaruhan	76.5
Aktiviti undang-undang dan perakaunan	75.6
Aktiviti penerbitan	73.9
Pengiklanan dan penyelidikan pasaran	72.1
Pentadbiran pejabat, aktiviti sokongan pejabat	69.6
Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data DOSM	

Analisis regresi mengesahkan dapatan kami pendedahan terhadap AI generatif tertumpu dalam kalangan wanita, golongan dewasa muda, pekerjaan kolar putih dan pekerja bandar. Lampiran A4 menunjukkan hasil regresi probit bagi kebarangkalian seorang pekerja berada dalam kuartil pendedahan tertinggi. Dengan mengawal pelbagai pemboleh ubah sosio-demografi, kami mendapati bukti yang signifikan secara statistik lelaki 2.7% kurang berkemungkinan dan mereka yang lebih tua juga 0.3% kurang berkemungkinan untuk terdedah pada tahap tinggi. Berbanding pekerja yang tiada sijil, kebarangkalian pendedahan tinggi meningkat secara mendadak bagi graduan menengah dan pasca-menengah dan kemudian mendatar untuk pemegang ijazah universiti – mencerminkan kesan mendatar yang diperhatikan sebelum ini. Kakitangan perkeranian, juruteknik dan profesional menunjukkan kesan marginal positif terbesar, manakala pekerja kraf dan perkhidmatan kurang terdedah secara signifikan. Pola sektor juga selari dengan kandungan tugas: pekerjaan dalam perkhidmatan atau pembuatan meningkatkan kebarangkalian pendedahan tinggi berbanding sektor pertanian, manakala pembinaan kekal relatif terlindung. Pekerja bandar juga lebih berkemungkinan terdedah tinggi berbanding pekerja luar bandar – memandangkan jumlah yang lebih tinggi bagi pekerja berkemahiran tinggi di kawasan ini.

Rajah 11. Pendedahan AI meningkat dengan gaji tetapi mendatar pada 20% teratas

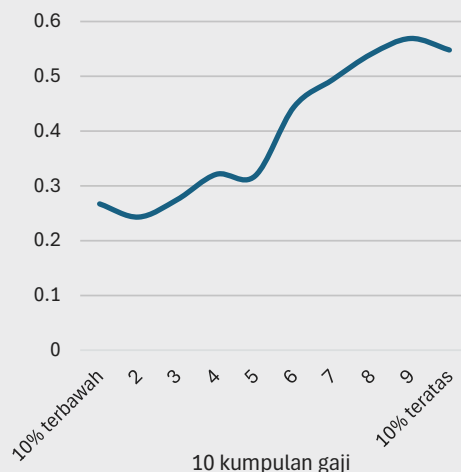
Jumlah pekerjaan mengikut kuartil gaji, mengikut kuartil pendedahan AI



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data DOSM

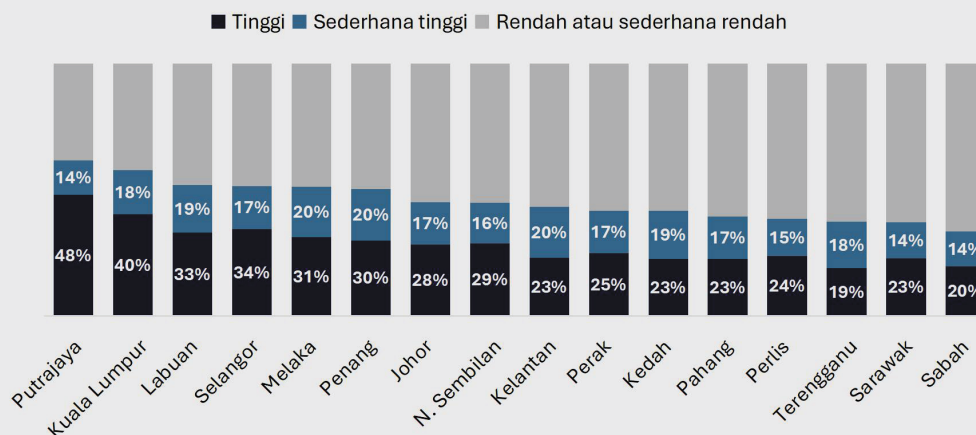
Rajah 12. Pendedahan AI mendatar dan menurun sedikit pada 10 kumpulan gaji teratas

Skor indeks pendedahan AI purata mengikut 10 kumpulan gaji



Rajah 13. Negeri yang lebih maju mempunyai kadar pendedahan AI tinggi yang lebih besar

Bahagian jumlah pekerjaan mengikut negeri, mengikut kuartil pendedahan AI



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data DOSM

3.3 Analisis kemahiran

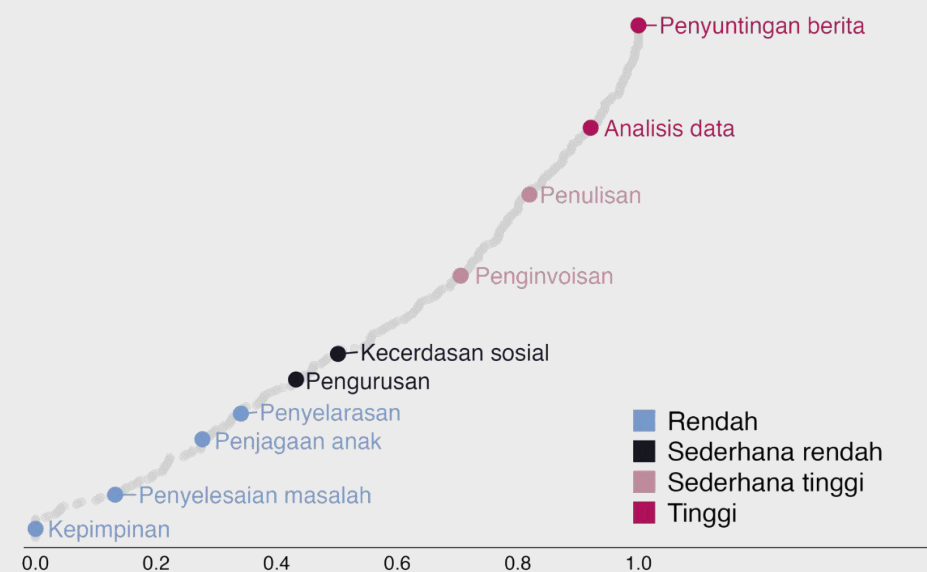
Dalam sub-bahagian ini, kami meluaskan analisis daripada skor pendedahan AI pekerjaan 4-digit MASCO kepada skor pada pekerjaan 6-digit MASCO yang lebih terperinci, yang mengandungi butiran pekerjaan tambahan selain daripada penerangan tugas. Laman sesawang eMASCO menyediakan maklumat mengenai kemahiran asas dan kemahiran khusus yang diperlukan untuk setiap pekerjaan 6-digit. Kami mengekstrak 45 kemahiran pekerjaan asas, termasuk ICT asas, komunikasi, penyelesaian masalah, pujukan dan sejumlah 318 kemahiran khusus, termasuk animasi 3D, pengurusan belanjawan, pengurusan krisis, jentera ladang dan ujian makmal. Bagi setiap kemahiran, kami mengira purata skor pendedahan AI dengan mengenal pasti pekerjaan yang memerlukan kemahiran tersebut dan mengambil purata aritmetik bagi skor pendedahan AI masing-masing.

Kemahiran penaakulan peringkat tinggi dan kemahiran interpersonal dikenal pasti sebagai kemahiran yang paling lazim dalam pekerjaan dengan tahap pendedahan terendah (Rajah 14). Kemahiran kepimpinan, pengurusan dan penyelesaian masalah kekal sukar untuk diautomasikan, berpotensi kerana batasan asas sistem AI dalam mereplikasi proses kognitif manusia yang kompleks. Walaupun AI generatif boleh mengautomatiskan tugas kognitif berstruktur dalam peranan intensif pengetahuan, output yang dihasilkan AI memerlukan pengawasan manusia untuk memastikan ketepatan dan relevansi, serta intervensi dalam membuat pertimbangan etika. Oleh itu, kecekapan manusia dalam pertimbangan situasi, keupayaan bertindak balas terhadap situasi dinamik yang pesat, penaakulan etika dan kepakaran domain tertentu yang sangat khusus akan menjadi semakin bernilai. Begitu juga, kemahiran interpersonal seperti kecerdasan sosial, pengurusan dan penyelarasan, dipaparkan dalam pekerjaan yang, secara purata, kurang berkemungkinan untuk diautomasikan oleh AI generatif. Walaupun chatbot berkuasa AI dan pembantu maya sudah mengautomatiskan interaksi perkhidmatan pelanggan asas, kemahiran interpersonal yang canggih diperlukan untuk membina kepercayaan, mentafsir isyarat bukan lisan dan mengemudi dinamik sosial yang kompleks – keupayaan yang terus menjadi ciri unik manusia. Akhir sekali, kemahiran yang berkaitan dengan interaksi manusia-ke-manusia, termasuk penjagaan, melakukan pembedahan dan pemeriksaan pesakit adalah kurang berkemungkinan untuk diautomasikan.

Kemahiran dalam pekerjaan dalam kuartil pendedahan AI generatif tertinggi masih agak terhad dalam tenaga kerja Malaysia semasa. Pada masa ini, hanya 5% pekerja berada dalam pekerjaan yang mempunyai pendedahan kemahiran tinggi secara purata, manakala 30% lagi berada dalam pekerjaan dengan pendedahan sederhana-tinggi secara purata (Rajah 15). Ini boleh mencadangkan kesan AI generatif yang mengganggu berkemungkinan paling ketara dalam industri atau sektor tertentu. Malah, hanya tiga daripada 484 pekerjaan dalam set data kami mempunyai lebih daripada separuh campuran kemahirannya dalam kuartil tertinggi purata pendedahan AI (Rajah 16), dengan ketiga-tiga pekerjaan ini berada dalam sektor teknologi maklumat. Lebih penting lagi, banyak pekerjaan masih memerlukan gabungan kemahiran yang

Rajah 14. Penaakulan tahap tinggi dan kemahiran interpersonal paling lazim dalam pekerjaan dengan risiko automasi AI terendah

Kemahiran disusun mengikut indeks purata pendedahan AI



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO dan Survei Tenaga Buruh

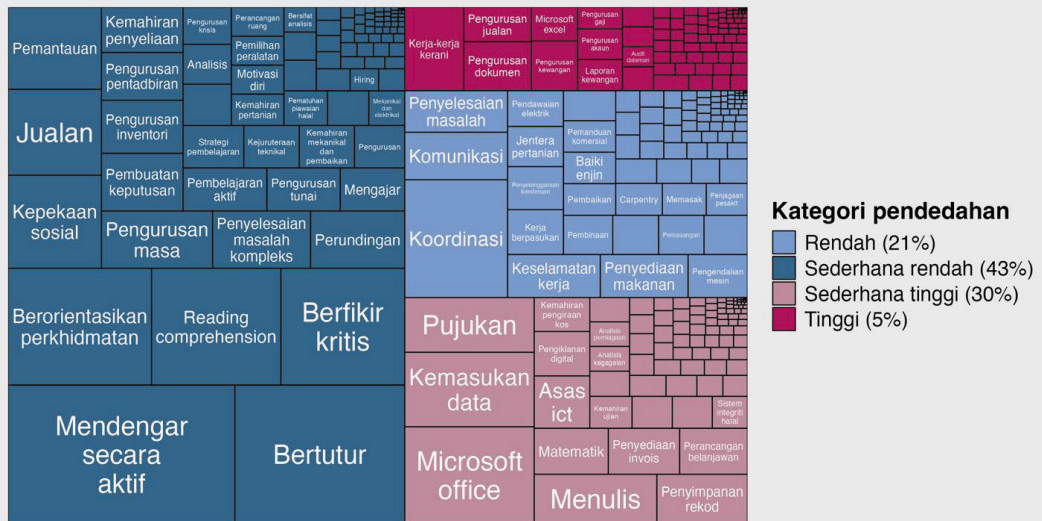
Nota: Indeks purata pendedahan AI untuk setiap kemahiran dikira dengan mengenal pasti pekerjaan yang memerlukan kemahiran itu dan mengambil min aritmetik skor pendedahan AI masing-masing yang diberi pemberat oleh bilangan pekerja dalam pekerjaan itu. Setiap kemahiran kemudian dikategorikan dalam kuartil, yang ditakrifkan seperti berikut: 1 untuk “pendedahan rendah”, 2 untuk “pendedahan sederhana-rendah”, 3 untuk “pendedahan sederhana-tinggi” dan 4 untuk “pendedahan tinggi”.

terdedah tinggi dan rendah, menunjukkan potensi AI untuk melengkapi aliran kerja sedia ada.

Pekerjaan yang menekankan kemahiran “kelebihan manusia” (“*human edge*” skills) mungkin menjadi lebih berharga apabila automasi AI generatif berkembang. Menggunakan senarai 363 kemahiran unik, kami membina pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang menangkap sama ada manusia berkemungkinan mengekalkan kelebihan perbandingan berbanding AI generatif dalam melaksanakan setiap kemahiran (Lampiran A5). Pemetaan pemboleh ubah ini kepada data Survei Tenaga Buruh mendedahkan peranan yang didominasi kemahiran “kelebihan manusia” pada mulanya memperoleh gaji di bawah median - kerana secara komposisional ia didominasi pekerjaan fizikal-manual seperti penjagaan, perkhidmatan peribadi atau perdagangan manual yang secara tradisinya menerima pampasan yang lebih rendah. Namun begitu, analisis regresi mendedahkan corak yang lebih halus: pada tahap pendedahan AI yang paling tinggi, kekurangan gaji ini berubah menjadi kelebihan. Khususnya, terma interaksi dalam regresi gaji-kemahiran kami menunjukkan apabila

Rajah 15. Kira-kira dua pertiga pekerja masih bekerja dalam pekerjaan yang memerlukan kemahiran dengan pendedahan AI rendah atau sederhana-rendah secara purata

Kelaziman kemahiran dalam tenaga kerja Malaysia

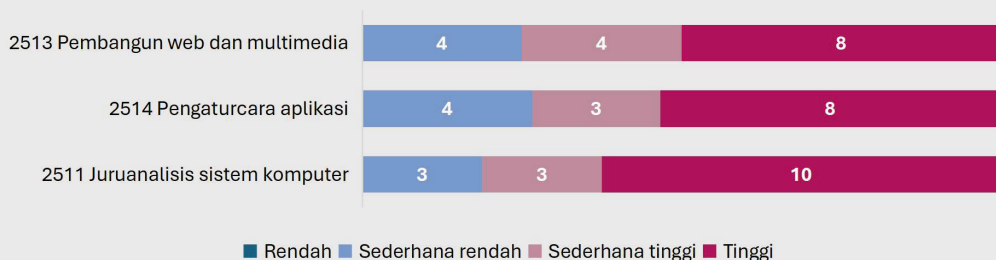


Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO dan Survei Tenaga Buruh

Nota: Kelaziman kemahiran dikira menggunakan bilangan pekerja dalam setiap pekerjaan sebagai pendarab. Blok yang lebih besar menunjukkan kelaziman yang lebih besar berbanding kemahiran lain, yang membayangkan ia dipaparkan dalam pekerjaan dengan bilangan pekerja yang lebih tinggi.

Rajah 16. Hanya tiga pekerjaan mempunyai lebih daripada separuh kemahiran mereka dalam kuartil pendedahan purata AI tertinggi

Bilangan kemahiran dalam setiap kuartil indeks pendedahan purata AI



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO

Nota: Hanya pekerjaan di mana lebih daripada separuh kemahiran yang diperlukan berada dalam kuartil tertinggi pendedahan AI purata yang dibentangkan. Menurut data LFS 2021, terdapat 13,717 pembangun web dan multimedia, 19,024 pengaturcara aplikasi dan 854 penganalisis sistem komputer di Malaysia.

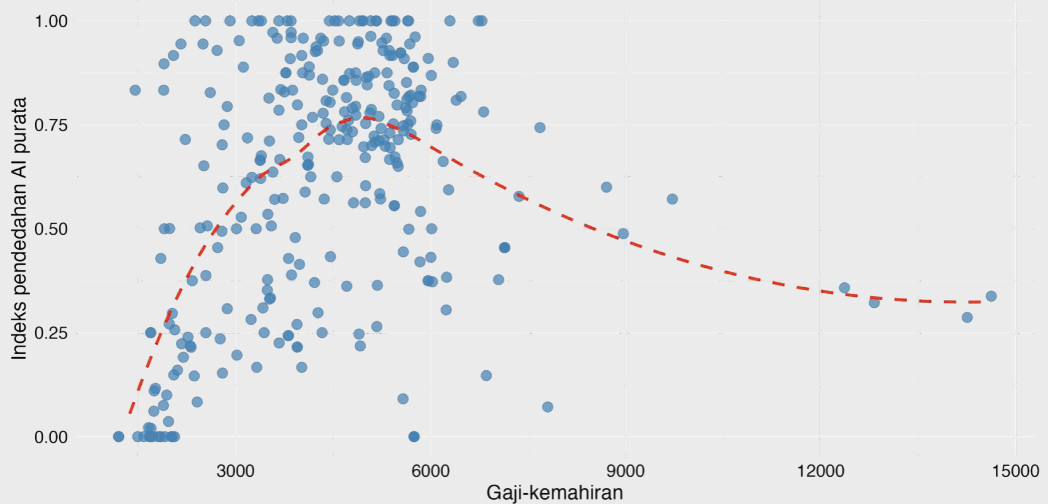
indeks pendedahan AI pekerjaan melebihi 0.8, kemahiran kelebihan manusia secara statistik, secara signifikan dikaitkan secara positif dengan gaji median yang lebih tinggi (Lampiran A5). Ini menunjukkan domain kognitif di mana manusia mengekalkan kelebihan daya saing berbanding AI generatif berpotensi menjadi semakin bernilai dalam pasaran buruh masa depan apabila penyebaran AI generatif berkembang. Sebaliknya, pekerjaan yang kini mendapat kelebihan daripada kandungan kognitif-rutin mungkin mula menghadapi tekanan gaji menurun apabila kemahiran mereka menjadi lebih mudah digantikan teknologi AI.

Penggunaan AI generatif mungkin mempercepatkan polarisasi pekerjaan dengan terus mengurangkan peluang dalam pekerjaan yang intensif rutin, meneruskan trend yang diperhatikan dalam gelombang perubahan teknologi sebelum ini.

Sejak tahun 1990-an, polarisasi pekerjaan dicirikan pertumbuhan guna tenaga dan gaji yang tertumpu di kedua-dua hujung spektrum kemahiran, dengan keadaan gaji yang mendatar atau menurun di bahagian tengah, kerana automasi dan pendigitalan memberi kesan secara tidak seimbang kepada tugas-tugas rutin. Penggunaan AI generatif boleh mempercepatkan polarisasi pekerjaan dengan mengurangkan lagi peluang dalam pekerjaan intensif rutin, meneruskan trend yang diperhatikan dalam gelombang perubahan teknologi yang terdahulu.^{54 55} Analisis gaji-kemahiran kami (Lampiran A5) menunjukkan corak ini mungkin semakin ketara dengan kehadiran AI generatif. Dengan memetakan keperluan pekerjaan-kemahiran MASCO dan gaji median, kami memberikan bukti awal bahawa mungkin wujud hubungan berbentuk-U songsang antara tahap kemahiran-gaji dan intensiti automasi (Rajah 17). Secara khususnya, pekerjaan di kedua-dua hujung spektrum kemahiran kekal agak terlindung: peranan kognitif kompleks hujung tertinggi (cth., rundingan kontrak, kepakaran perubatan khusus) dan peranan fizikal-manual atau interpersonal (cth., sokongan penjagaan kesihatan, perdagangan pembinaan). Sementara itu, pekerjaan berkemahiran sederhana-hingga-tinggi yang didominasi kemahiran “kognitif-rutin” dan “berstruktur bukan rutin” menghadapi risiko automasi terbesar. Keputusan ini selari dengan dan menjelaskan mekanisme di sebalik “kesan mendatar” yang diperhatikan dalam Bahagian 3.1 dan 3.2. Iaitu, pekerja di bahagian atas taburan gaji, pendidikan dan kemahiran mempunyai kemahiran kognitif yang paling bernuansa dan kaya konteks yang AI generatif sukar untuk dilakukan pada masa ini.

Rajah 17. Teknologi AI generatif boleh meluaskan polarisasi pekerjaan dengan melenyapkan pekerjaan di bahagian tengah atas taburan gaji-kemahiran

Gaji-kemahiran dan indeks pendedahan AI purata, plot serakan dan garis suai



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO dan DOSM

Nota: Garis trend dianggarkan melalui regresi tempatan (LOESS).

4 Ringkasan dan perbincangan penemuan

Pendedahan keseluruhan Malaysia kepada AI generatif adalah tinggi. Pemetaan skor automasi peringkat tugas kami ke atas data Survei Tenaga Buruh 2021 menunjukkan kira-kira 4.2 juta pekerja Malaysia – atau 28% daripada tenaga buruh – berada dalam kuartil pendedahan AI generatif tertinggi, manakala 2.5 juta pekerja lagi berada dalam kategori pendedahan sederhana-tinggi. Secara ringkasnya, kira-kira 45% tenaga kerja di Malaysia mempunyai sekurang-kurangnya 40% daripada gabungan tugas mereka yang, secara prinsipnya, boleh diautomasi oleh keupayaan AI generatif masa kini. Anggaran pendedahan ini meletakkan Malaysia hampir dengan penanda aras global dan melebihi anggaran sebelumnya dalam konteks Malaysia.^{56 57}

Pendedahan AI generatif adalah tidak sekata merentasi jantina, umur dan pendidikan. Tugas pekerjaan yang boleh digantikan AI generatif mencerminkan kerja berstruktur, berasaskan skrin, berulang, bukan fizikal dan kumpulan demografi tertentu lebih berkemungkinan untuk memilih pekerjaan sedemikian. Ini dimanifestasikan dalam pendedahan yang berbeza merentasi kumpulan sosio-demografi (Bahagian 3.2). Iaitu, wanita hampir dua kali ganda lebih berkemungkinan berbanding lelaki untuk bekerja dalam pekerjaan yang sangat terdedah, manakala pekerja muda dalam

lingkungan umur produktif cenderung tertumpu pada kuartil teratas pendedahan kepada AI generatif. Secara keseluruhannya, analisis regresi menunjukkan wanita, pekerja muda, pekerja perkeranian dan pekerja bandar lebih berkemungkinan berada dalam pekerjaan terdedah AI (Lampiran A4) – selari dengan trend yang diperhatikan dengan bukti antarabangsa.⁵⁸

AI generatif boleh meluaskan perubahan teknologi berasaskan rutin dan memperdalam polarisasi pekerjaan. Analisis kami dalam Seksyen 1 menunjukkan AI generatif kini mampu menggantikan aktiviti yang berstruktur tetapi bukan rutin, sekali gus menolak sempadan automasi ke arah tugas-tugas bukan rutin. Ini membentuk satu corak perubahan teknologi yang “terbina secara berstruktur” yang secara langsung meneruskan gelombang terdahulu yang berat sebelah kepada tugas rutin. Begitu juga, analisis kemahiran kami (Bahagian 3.3) menunjukkan bentuk “U songsang”: pendedahan meningkat di bahagian tengah taburan kemahiran-gaji, sekali gus mengurangkan peranan pengetahuan pada peringkat pertengahan, tetapi menurun semula pada tahap kemahiran yang paling tinggi, selaras dengan bukti terkini berkaitan kerumitan tugas.^{59 60 61} “Kesan mendatar” yang serupa muncul pada tangga pendidikan, kemahiran dan gaji teratas (Bahagian 3.2), menunjukkan AI generatif boleh memperdalam corak polarisasi pekerjaan yang diperhatikan di beberapa negara maju sejak tahun 1990-an.⁶²

Melihat ke hadapan, masa depan pekerjaan dengan kehadiran AI generatif mungkin menjadi lebih fleksibel namun berpotensi kurang setara. Kerangka kerja kami menggunakan struktur pekerjaan-tugas yang statik dan disebabkan itu tidak mengesan perubahan dalam gabungan tugas atau penciptaan tugas baharu sebagai respons kepada penyebaran AI. Namun begitu, hasil kajian kami mencadangkan beberapa implikasi tentang apakah perubahan sedemikian mungkin berlaku. Dengan mempercepatkan penyusunan semula tugas, AI generatif boleh mempercepatkan pertukaran kemahiran serta menaikkan premium gaji kepada keupayaan “kelebihan manusia”, termasuk pertimbangan kompleks, penaakulan sosio-emosi dan interpersonal, serta kreativiti (Bahagian 3.3). Digabungkan dengan corak pendedahan yang tidak sekata dan pola pemisahan pekerjaan, serta peralihan jangka panjang ke arah intensiti modal yang lebih tinggi yang menghakis bahagian pendapatan daripada tenaga kerja,⁶³ penyebaran berskala besar teknologi AI generatif berpotensi untuk mengukuhkan lagi ketidaksamaan sedia ada.

Kesan jangka panjang penyebaran AI generatif kekal tidak menentu tetapi dasar yang direka bentuk dengan baik boleh memaksimumkan manfaat dan mengehadkan risiko. Peningkatan produktiviti di seluruh ekonomi dan kemunculan tugas serta pekerjaan baharu sepenuhnya yang dibawa oleh teknologi AI boleh, secara teorinya, mengimbangi potensi kesan negatif terhadap ketidaksamaan untuk memberikan kemakmuran yang lebih meluas – walaupun keseimbangan antara AI sebagai kuasa “pemudah” berbanding kuasa “pengganti” masih belum

dapat dipastikan.⁶⁴ Alat dasar boleh membantu mengimbangi keadaan ke arah yang positif dengan memperkukuh perlindungan sosial bagi pekerja yang kehilangan pekerjaan, memperluas pembelajaran sepanjang hayat dan sistem pendidikan yang membantu membangunkan kemahiran “kelebihan manusia”, serta memberi insentif kepada penggunaan teknologi AI generatif yang melengkapi tenaga kerja. Bahagian seterusnya membincangkan beberapa idea dasar awal selaras dengan pendekatan ini, dengan memberi tumpuan kepada (i) perlindungan sosial dan (ii) pendidikan serta latihan.

5 Cadangan dasar

Bahagian ini menetapkan tiga hala tuju dasar yang saling melengkapi. Pertama, kami menggariskan jalan ke arah mengukuhkan sistem perlindungan sosial supaya semua pekerja, termasuk mereka yang terlibat dalam kerja bukan standard, diinsuranskan terhadap potensi kejutan yang diterokai dalam Bahagian 3. Kedua, kami mencadangkan perubahan kepada pendidikan, latihan dan laluan pembelajaran sepanjang hayat untuk melengkapi rakyat Malaysia dengan kemahiran “kelebihan manusia” (“human edge” skills) untuk masa depan kerja, bersama-sama dengan langkah-langkah untuk meluaskan akses kepada laluan pembelajaran ini. Ketiga, kami mencadangkan beberapa cara untuk menyelaraskan semula institusi pasaran buruh dan insentif majikan untuk memihak kepada penggunaan yang melengkapi buruh dan meningkatkan kualiti pekerjaan dalam pekerjaan yang berdaya tahan terhadap automasi.

5.1 Perlindungan sosial

5.1.1 Meluaskan insurans pengangguran kepada semua pekerja

Memandangkan teknologi AI generatif berpotensi menyingkirkan peranan atau tugas pekerjaan tertentu – terutamanya yang melibatkan tugas rutin dan berulang – meluaskan insurans pengangguran kepada semua pekerja, terutamanya pekerja yang bekerja secara tidak formal, adalah penting. Tidak seperti pekerja formal yang mendapat manfaat daripada skim insurans sosial yang disediakan oleh Kumpulan Wang Simpanan Pekerja (KWSP) dan Pertubuhan Keselamatan Sosial (Perkeso), pekerja yang bekerja secara tidak formal, termasuk yang bekerja sendiri, sering dikecualikan daripada perlindungan sedemikian. Ini adalah keadaan bagi Sistem Insurans Pekerjaan (EIS), iaitu sebuah program insurans sosial berasaskan caruman yang dikendalikan Perkeso untuk memberikan sokongan pendapatan dan perkhidmatan pekerjaan kepada pekerja sektor swasta sekiranya berlaku kehilangan pekerjaan. Pekerja yang bekerja sendiri tidak mempunyai akses kepada faedah pengangguran di bawah EIS.

Untuk melindungi semua pekerja yang berpotensi disingkirkan teknologi AI generatif, Malaysia harus meluaskan liputan EIS kepada segmen pasaran buruh yang belum dilindungi. Ia boleh bergerak ke arah ini dengan skim sukarela, serupa dengan i-Saraan KWSP, dan menyumbang bersama untuk menggalakkan pengambilan.

5.1.2 Mengukuhkan jaringan keselamatan sosial

Pengalaman global menunjukkan walaupun dengan pemberian subsidi yang besar, adalah mencabar untuk meluaskan perlindungan insurans sosial (termasuk insurans pekerjaan) kepada semua pekerja. Adalah tidak dapat dielakkan sebahagian pekerja akan tetap tidak dilindungi skim seperti ini. Jaringan keselamatan sosial minimum yang tidak berasaskan caruman atau tidak memerlukan sumbangan daripada pekerja akan menjadi penting untuk menyokong pekerja dan tanggungan mereka. Seperti biasa, reka bentuk jaringan keselamatan sedemikian perlu dipertimbangkan dengan teliti untuk mengelakkan sebarang kesan pasaran buruh yang tidak disengajakan (memandangkan potensi kesan ke atas insentif untuk pasaran buruh secara keseluruhan). Jaringan keselamatan sosial bukan berasaskan caruman mempunyai kelebihan tambahan kerana dibiayai melalui hasil disatukan daripada potongan atau percukaian berkaitan pekerjaan/gaji, bermakna kosnya ditanggung secara lebih meluas.⁶⁵

Di Malaysia, program seperti Sumbangan Tunai Rahmah (STR) sudah menyediakan jaringan keselamatan minimum kepada isi rumah miskin. Walaupun liputan merentasi program bantuan sosial sedemikian adalah tinggi, dengan kira-kira 66% isi rumah Malaysia sebagai penerima, liputan program ini adalah terhad. Tahap faedah daripada program bantuan sosial bukan berasaskan caruman (tunai dan bukan tunai) adalah 9.5% daripada pendapatan pra-pemindahan secara purata untuk isi rumah B20, jauh di bawah purata untuk kedua-dua ekonomi berpendapatan tinggi (19%) dan ekonomi berpendapatan sederhana-atas yang lain (25%).⁶⁶

Terdapat juga pecahan yang ketara dalam program bantuan sosial. Lebih daripada 155 program kerajaan persekutuan disampaikan 18 agensi yang berbeza, banyak dengan kriteria penilaian dan permohonan yang berbeza. Keadaan ini boleh menjadi landskap yang sukar untuk diharungi bagi individu yang memerlukan bantuan – oleh itu, penyelarasan, khususnya pada peringkat khidmat pelanggan atau “kaunter hadapan” (“*shopfront*”) – adalah wajar.

5.1.3 Menyelaraskan dan mengukuhkan peluang pembelajaran sepanjang hayat

Penyediaan peluang pembelajaran sepanjang hayat adalah penting untuk melengkapkan pekerja yang terjejas disebabkan teknologi AI dengan kemahiran yang betul untuk bekerja dengan berkesan bersama AI atau untuk beralih dengan lancar ke peranan lain melalui latihan kemahiran berkualiti tinggi. Ini amat penting untuk pekerja berkemahiran rendah, kerana pekerja berpendidikan tinggi cenderung untuk menyesuaikan diri dengan lebih mudah dan lebih biasa dengan teknologi digital.⁶⁷

Malaysia sudah menawarkan pelbagai program latihan kemahiran kepada individu. Ini termasuk latihan kemahiran dalaman yang disediakan Pembangunan Sumber Manusia (HRD) Corp untuk pekerja swasta dan platform e-LATIH yang boleh diakses oleh semua rakyat Malaysia yang mencari latihan; latihan kemahiran EIS untuk ahli EIS

dan MyFutureJobs untuk semua pencari kerja yang mencari latihan yang disediakan Perkeso; program *Learn for Free* yang menumpukan kepada ekonomi digital dan kemahiran digital yang disediakan Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC) dan pelbagai kementerian lain yang menyediakan latihan kemahiran mengikut mandat mereka. Walau bagaimanapun, dengan begitu banyak peluang peningkatan kemahiran, terdapat risiko pemecahan dan pertindihan, yang membawa kepada ketidakcekan, serta risiko bakal penerima menghadapi kesukaran mengemudi landskap latihan yang rumit untuk mengenal pasti peluang yang paling sesuai.

Menyelaraskan latihan kemahiran melalui pusat sehenti akan memudahkan perjalanan pengguna dengan menawarkan panduan yang jelas mengenai kursus mana yang paling relevan berdasarkan peranan semasa, tahap kemahiran dan aspirasi kerjaya pekerja, menghapuskan keperluan untuk mengemudi pelbagai portal agensi atau program dengan objektif yang bertindih. Platform MyMahir.my, yang dibangunkan Talent Corp di bawah Kementerian Sumber Manusia, merupakan asas yang menjanjikan dalam strategi yang lebih luas untuk menyediakan tenaga kerja bagi transformasi yang didorong AI. Untuk memaksimumkan kesannya, maklum balas pengguna yang berterusan harus diwujudkan bagi meningkatkan kebolehaksesan, kebolegunaan dan relevansinya. Penilaian berkala penglibatan pengguna, pengambilan program dan hasil latihan adalah kritikal dalam memperhalusi keberkesanannya dan memastikan ia memenuhi keperluan tenaga kerja yang sentiasa berubah.

Dalam jangka panjang, memikirkan semula model pembiayaan levi HRD semasa untuk latihan Kemahiran – yang terikat kepada kriteria kelayakan yang terhad dan struktur terikat majikan – boleh membantu meningkatkan akses kepada peluang pembelajaran

5.2 Pendidikan, latihan dan kualiti pekerjaan

5.2.1 Mengarusperdanakan pendidikan AI sambil mengukuhkan kemahiran kritikal asas merentasi kurikulum rendah dan menengah

Alat AI generatif dijangka menjadi seumum alat pemprosesan kata atau internet (Bahagian 1). Malah, analisis kami di Bahagian 3.1 menunjukkan hampir setiap pekerjaan dalam set data kami – termasuk yang biasanya dianggap fizikal atau berteknologi rendah – kini mengandungi tugas yang terdedah kepada AI generatif. Oleh itu, terdapat keperluan untuk mengarusperdanakan pendidikan AI ke dalam kurikulum kebangsaan, sama seperti pendidikan ICT diarusperdanakan di sekolah awam pada tahun 1990-an semasa Rancangan Malaysia Keenam. Pengajaran perlu merangkumi kedua-dua kemahiran AI praktikal serta prinsip penggunaan yang bertanggungjawab, seperti etika, kebenaran, privasi, bias dan potensi kesan alam sekitar yang buruk daripada peningkatan penggunaan AI.

Lebih penting lagi, usaha-usaha ini mesti memastikan pendidikan AI mengukuhkan, bukan menggantikan, kemahiran asas dalam bidang kebolehan mengira, logik dan bahasa yang membolehkan pelajar menilai dan melengkapkan hasil yang dihasilkan

oleh AI. Secara ringkas, sekolah mesti mengajar bilakah waktu yang sesuai untuk menggunakan AI dan bilakah masa untuk menjauhkan diri daripadanya. Malah sebelum AI generatif, tinjauan kemahiran dewasa merentasi ekonomi perindustrian menunjukkan penyelesaian masalah adaptif dan kemahiran kritikal lain mengalami genangan atau penurunan sejak beberapa dekad yang lalu (OECD, 2024) dan bukti awal sudah mengaitkan pergantungan berat pada alat AI generatif kepada “kemalasan metakognitif”, yang berisiko menghakis lagi kecekapan asas ini.⁶⁸

Untuk tujuan ini, penggubal dasar boleh meneroka tiga bidang selaras dengan objektif Pelan Tindakan AI Kebangsaan Malaysia 2021-2025. Pertama, bangunkan rangka kerja celik AI kebangsaan: rangka kerja celik AI yang distandardkan, disemak setiap dua tahun yang mengarusperdanakan pendidikan AI ke dalam kurikulum sekolah rendah dan menengah. Setiap modul AI harus dipasangkan dengan rakan sekerja “kecekapan manual” dengan hasil pembelajaran yang jelas. Inisiatif serupa sudah dijalankan di negara-negara seperti Estonia, di mana bukti anekdot menunjukkan kanak-kanak boleh memperoleh kemahiran sedemikian pada peringkat awal.⁶⁹ Kedua, luaskan program Pendidikan AI untuk Pendidik menjadi laluan pembangunan profesional yang wajib, berterusan dan berakreditasi untuk guru yang termasuk mikro-kredensial yang boleh disusun (Bahagian 5.2.4) dan rangkaian pakar-mentor kebangsaan yang dibina di atas struktur pembangunan profesional guru (TPD/PLC) sedia ada. Ketiga, rapatkan jurang digital serantau di sekolah-sekolah dengan mempercepatkan pelaburan terarah yang secara jelas menjamin tahap minimum sambungan internet dan nisbah peranti di semua bilik darjah seluruh rantau (melalui penguatkuasaan peraturan penyaluran dana USP berdasarkan pencapaian hasil). Selain itu, wujudkan pusat pembelajaran AI serantau untuk mengumpulkan perkakasan dan sumber bagi latihan guru serta pembelajaran pelajar yang mungkin sukar ditanggung oleh sekolah secara bersendirian.

5.2.2 Memupuk kecekapan ‘kelebihan manusia’ seperti kecerdasan sosial dan kreativiti

Di luar kecekapan teknikal dan pendidikan AI, kurikulum juga harus mengutamakan pembangunan kemahiran yang, buat masa ini, kekal unik kepada manusia. Penemuan kami di [Bahagian 3.3](#) menunjukkan kecerdasan sosial manusia, penaakulan psiko-emosi kompleks, kreativiti dan pemikiran kritikal terus mengekalkan kelebihan kompetitif yang signifikan berbanding sistem AI dan boleh memperoleh premium gaji yang meningkat apabila penggunaan AI generatif dipercepatkan. Sesungguhnya, hujah untuk mengukuhkan pembelajaran sosial-emosi meluas jauh melebihi pertimbangan vokasional atau produktiviti. Penyelidikan menunjukkan penekanan terhadap kompetensi sosial-emosi ini dalam kurikulum sekolah boleh membawa kepada peningkatan hasil kehidupan pelajar, tingkah laku pro-sosial yang lebih baik, serta penglibatan sivik yang lebih tinggi – kesemua ini adalah elemen penting untuk pembinaan negara di tengah-tengah gangguan.⁷⁰ Ini juga selari dengan usaha yang lebih luas membina “keupayaan untuk belajar” murid, kemahiran asas untuk mengemudi peralihan sepanjang hayat dalam pasaran buruh yang berkembang pesat.

Selaras dengan usaha semasa di tengah-tengah Reformasi Pendidikan Kebangsaan yang akan datang, ini memerlukan penggubal dasar untuk mereka bentuk semula kurikulum seni bahasa (termasuk Bahasa Inggeris, Bahasa Malaysia dan bahasa vernakular) untuk mengukuhkan kemahiran komunikasi lisan dan bukan lisan. Ini boleh bermakna memasukkan penceritaan, drama, dan pembentangan secara berkumpulan sebagai modul teras – sekaligus menekankan ekspresi yang halus serta penerimaan idea-idea yang kompleks. Kedua, sekolah awam boleh memperkukuh penggunaan metodologi pembelajaran berasaskan projek sebagai pedagogi standard untuk sekolah menengah, yang mewajibkan pelajar bekerjasama dalam projek berpasukan merentas disiplin.

Ketiga, dasar pendidikan boleh mengutamakan rangkaian kerjasama berstruktur antara sekolah, dengan memanfaatkan platform DELIMa dan skim sekolah kluster sedia ada. Ini akan membolehkan murid sekolah bandar-luar bandar dan swasta awam untuk terlibat dalam penyelesaian masalah kolaboratif dalam “cabaran luar talian” yang berpusat pada masalah dunia sebenar. Walaupun banyak inisiatif ini sudah pun dilaksanakan (seringkali secara berperingkat), usaha boleh difokuskan kepada memperkukuh kualiti dan konsistensi pelaksanaan, terutamanya dengan meningkatkan kapasiti pedagogi melalui pengintegrasian pendekatan ini ke dalam standard kelayakan guru.

5.2.3 Mengintegrasikan kemahiran AI merentasi kurikulum pengajian tinggi di luar disiplin STEM

AI generatif dengan pantas membuktikan dirinya sebagai teknologi tujuan umum (seperti kincir air dan internet), dengan kes penggunaan meluas jauh melebihi bidang STEM tradisional.⁷¹ Disiplin, termasuk undang-undang, sains sosial dan kemanusiaan, semakin berinteraksi dengan aplikasi AI, sekali gus berdepan peluang baharu serta cabaran dalam aspek etika dan peraturan. Oleh itu, integrasi meluas alat dan konsep AI ke dalam kurikulum pengajian tinggi adalah penting untuk memastikan graduan Malaysia di semua bidang bersedia untuk mengemudi kedua-dua potensi dan batasan AI.

Sebagai permulaan, selain daripada pemberian insentif (seperti yang terdapat dalam Belanjawan 2025), pembuat dasar perlu membangunkan garis panduan yang jelas bagi universiti awam untuk memasukkan komponen AI dalam semua program ijazah, tanpa mengira bidang pengajian. Seperti dalam Bahagian 5.2.1, ini perlu merangkumi batasan model dan penggunaan beretika–serta cara dan bila untuk “memutuskan sambungan”. Begitu juga, pembuat dasar boleh memberi insentif kepada penciptaan program ijazah “AI + X” merentas disiplin yang menggabungkan kepakaran AI dengan pengetahuan khusus bidang, mengambil inspirasi daripada reformasi pendidikan tinggi terkini di China dalam bidang seperti undang-undang, perniagaan, dan sains sosial.^{72 73} Ketiga, menubuhkan program perintis di universiti awam terkemuka terpilih, yang dilaksanakan dengan kerjasama firma teknologi dan organisasi penyelidikan, boleh berfungsi sebagai model untuk mengintegrasikan kurikulum AI dalam disiplin bukan STEM merentasi seluruh sistem pengajian tinggi.

5.2.4 Mempromosikan kelayakan modular, boleh disusun, tanpa mengorbankan manfaat yang lebih luas daripada pengajian tinggi

Analisis kami (Bahagian 3.1) menunjukkan kira-kira satu pertlima daripada tugas pekerjaan di Malaysia terdedah kepada automasi, menunjukkan landskap kemahiran akan mengalami perubahan dan transformasi yang ketara. Ijazah universiti empat tahun tradisional kekal penting untuk memupuk pertanyaan kritikal, kesedaran sivik dan rangkaian sosial - namun, dengan sendirinya, mereka bergelut untuk bersaing dengan pertukaran kemahiran yang pantas. Oleh itu, matlamatnya adalah untuk mencipta laluan yang fleksibel yang membolehkan pelajar menambah kecekapan tertentu sambil tetap mengekalkan manfaat intelektual dan sosial universiti. Malaysia sudah mengambil langkah awal. Agensi Kelayakan Malaysia (MQA) mengeluarkan garis panduan mikro-kenyataan pada tahun 2021, beberapa universiti awam menjalankan mikro-kursus yang diiktiraf, dan beberapa kursus di platform e-LATiH mempunyai modul yang diperakui. Namun, penyediaan masih terpecah-pecah, kualitinya tidak konsisten, dan banyak kursus sukar untuk digabungkan menjadi kelayakan yang lebih besar.

Pembuat dasar boleh memanfaatkan garis panduan mikro-kenyataan MQA yang sedia ada untuk merangka rangka kerja kebangsaan bagi kelayakan bertindih, yang digabungkan dalam satu sistem bersepadu berasaskan garis panduan MQA. Setiap sijil mikro kemudiannya akan mempunyai nilai kredit tertentu dan direkodkan dalam lejar digital bersama (contohnya, MyeQuals di Australia). Ini akan membolehkan kredit yang terkumpul bergerak dengan lancar merentasi institusi dan dikira sebagai sebahagian daripada ijazah. Selain itu, untuk meningkatkan kualiti dan kuasa penandaan, MQA dan Jabatan Pembangunan Kemahiran boleh membangunkan piawaian jaminan kualiti yang ketat bagi sijil mikro serta menerbitkan rubrik berasaskan hasil untuk setiap tahap kelayakan.

5.3 Institusi pasaran buruh

5.3.1 Menjadikan pelaburan dalam kemahiran pekerja lebih murah

Penggubal dasar harus mencipta struktur insentif yang lebih seimbang yang menjadikannya berfaedah secara kewangan bagi majikan untuk melabur dalam melatih semula pekerja daripada menggantikan mereka dengan sistem automatik. Pendekatan ini akan membantu mengekalkan modal insan khusus syarikat yang bernilai, mengurangkan penggantian pekerja secara berlebihan, dan membolehkan pekerja membangunkan kemahiran penaakulan aras tinggi serta kemahiran interpersonal yang dikenalpasti dalam analisis kami sebagai mempunyai risiko automasi terendah.

Untuk mencapai pengimbangan semula ini, penggubal dasar boleh meneroka pendekatan yang berbeza. Salah satu keutamaan ialah menyesuaikan percukaian relatif ke atas buruh dan modal: sistem perlindungan sosial Malaysia kebanyakannya berasaskan insurans sosial, yang bermaksud ia dibiayai melalui levi wajib ke atas gaji. Sistem ini memberikan insentif ekonomi kepada majikan untuk menggantikan buruh dengan modal – termasuk teknologi AI – memandangkan kadar percukaian efektif

yang lebih rendah ke atas modal tersebut. Menangani perkara ini harus menjadi keutamaan dalam jangka panjang seperti yang dibincangkan sebelum ini, terdapat keperluan untuk mengukuhkan jaringan keselamatan bukan berasaskan caruman (dibiayai melalui percukaian umum). Dalam tempoh yang lebih terdekat, pilihan lain juga boleh dipertimbangkan, seperti pengenalan kredit cukai yang disasarkan untuk majikan yang melabur dalam membangunkan kemahiran kelebihan manusia tertentu yang dikenal pasti dalam [Bahagian 3.3](#), terutamanya untuk kumpulan yang menghadapi pendedahan yang lebih tinggi. Begitu juga, penubuhan program dana padanan yang mengutamakan negeri-negeri dengan tahap pendedahan yang lebih tinggi, di mana kerajaan menyumbang kepada latihan yang ditaja syarikat yang direka untuk memindahkan pekerja daripada tugas kognitif rutin kepada peranan yang menekankan kemahiran interpersonal dan penaakulan aras tinggi – yang menurut analisis kami memperoleh premium gaji dalam ekonomi yang diperkaya AI.

5.3.2 Memastikan kualiti pekerjaan dan institusi pasaran buruh membentuk kuasa pengimbang

Pekerjaan yang memerlukan ketangkasan fizikal yang tinggi dan interaksi interpersonal – seperti penjagaan, perkhidmatan peribadi dan pekerjaan tangan – masih kekal kebanyakannya tahan terhadap automasi yang didorong oleh AI generatif ([Bahagian 3.1](#)). Memandangkan perubahan teknologi berpotensi mengukuhkan pemisahan pasaran buruh yang sedia ada, tindakan dasar harus menumpukan kepada meningkatkan kualiti pekerjaan dan memperkukuh suara pekerja dalam sektor-sektor penting ini yang secara tradisinya kurang dihargai.

Dalam hal ini, penggubal dasar harus melaksanakan pendekatan yang komprehensif. Pertama, meningkatkan kualiti pekerjaan dalam pekerjaan yang berdaya tahan automasi melalui semakan gaji minimum berkala, perlindungan sosial yang diperluaskan ([Bahagian 4](#)) dan piawaian kesihatan dan keselamatan pekerjaan yang diperkukuh. Kedua, memodenkan institusi pasaran buruh dengan menyokong bentuk-bentuk baharu organisasi pekerja selain kesatuan sekerja tradisional, terutamanya dalam sektor yang memerlukan kemahiran interpersonal tinggi di mana perwakilan kolektif secara sejarahnya adalah terhad. Bukti anekdot dari bidang lain, termasuk tekanan masyarakat sivil yang mendorong komitmen kelestarian alam sekitar dan tadbir urus platform digital, menunjukkan bahawa tindakan masyarakat sivil yang tersusun boleh mengimbangi kemajuan teknologi dengan kesejahteraan sosial secara berkesan.⁷⁴

Lampiran teknikal

A1. Rangka kerja berasaskan-tugas konseptual dan indeks pendedahan AI

Kami mengikuti rangka kerja konseptual yang digariskan dalam Cheng dan Chong (akan datang), di mana pekerjaan atau pekerjaan adalah koleksi tugas diskret.⁷⁵ Secara formal, satu pekerjaan $j_i \in J$ – di mana J adalah alam semesta pekerjaan dalam ekonomi – adalah koleksi tugas t_{ik} . Kemudian, $T_i = \{t_{1i}, t_{2i}, \dots, t_{ik}\}$ adalah campuran tugas untuk pekerjaan i . Dengan kata lain, setiap tugas $t_{ik} \in T_i$ adalah aktiviti yang berbeza yang, apabila digabungkan, merupakan keseluruhan pekerjaan i .

Dalam rangka kerja ini, teknologi menjejaskan pekerjaan melalui kesannya ke atas campuran tugas T_i dan oleh itu, skor automasi AI $A(t_{ik})$ diberikan untuk setiap tugas. Skor automasi dibatasi antara 0 dan 1 supaya 1 akan menunjukkan pendedahan atau risiko automasi maksimum:

$$0 \leq A(t_{ik}) \leq 1$$

Skor ini boleh mewakili sama ada pendedahan tugas itu kepada teknologi AI generatif (seperti dalam Felten dan Raj, 2018) atau potensi automasinya (seperti dalam Gmyrek et al., 2023).^{76 77}

Skor ini kemudian ditukar menjadi pemboleh ubah binari $P_{ik}(\theta)$ yang menunjukkan sama ada skor automasi AI $A(t_{ik})$ melebihi ambang automatabiliti yang telah ditetapkan θ .

$$P_{ik}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{jika } A(t_{ik}) > \theta \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Akhirnya, indeks pendedahan AI A_i dibina untuk setiap pekerjaan dengan mengira perkadaran tugas dalam pekerjaan itu yang melebihi ambang yang ditetapkan θ :

$$A_i = \frac{k_\theta}{k}$$

di mana k_θ adalah bilangan tugas dalam pekerjaan i yang mana $A(t_{ik}) > \theta$, atau, $P_{ik}(\theta) = 1$, dan k adalah jumlah bilangan tugas dalam T_i untuk pekerjaan i .

$$k_\theta = \sum_k P_{ik}(\theta)$$

Indeks pendedahan AI A_i menyediakan ukuran yang menangkap perkadaran tugas dalam pekerjaan yang terdedah kepada automasi yang ketara. Kami menentukur ambang θ dengan median sampel skor automasi AI peringkat-tugas $A(t_{ik})$.

Pendekatan ini menyimpang daripada pendekatan Gmyrek et al. (2023) untuk pengagregatan, yang menggunakan min aritmetik dan sisihan piawai skor tugas dalam pekerjaan.⁷⁸ Kaedah pengagregatan berasaskan perkadaran dipilih kerana sifatnya yang diingini: ia menawarkan kebolehtafsiran yang lebih besar, terutamanya untuk penggubal dasar dan pengamal industri, dengan secara langsung menunjukkan berapa banyak tugas teras dalam pekerjaan yang berisiko. Selain itu, ia mengelakkan potensi herotan mengambil purata mudah, di mana beberapa nilai ekstrem boleh menutupi taburan tugas yang lebih luas dalam pekerjaan.

A2. Mengarah (prompt) API untuk penetapan skor dan pemeriksaan kekukuhan

Kami menetapkan skor automasi AI untuk setiap tugas pekerjaan yang diperoleh daripada e-MASCO. Skor ini mewakili potensi automasi tugas itu oleh AI generatif sebagai nilai berangka yang dibatasi antara 0 dan 1. Kami menggunakan model GPT-4o OpenAI untuk memberikan skor secara sistematik kepada setiap tugas dengan membuat panggilan berurutan berfrekuensi tinggi yang berstruktur kepada API GPT-4o.

Arahan (*prompt*) yang kami gunakan adalah seperti berikut:

Anda ialah pakar kemahiran dan AI. Anda akan memberikan skor potensi automasi menggunakan teknologi GPT bagi tugas kerja yang diberikan. Ikut arahan dengan teliti. Lihat tugas kerja berikut: {task}. Tugas ini berkaitan dengan kod Klasifikasi Piawai Pekerjaan Malaysia (MASCO): {code}. Tugas ini berkaitan dengan pekerjaan MASCO: {occupation}. Berikan skor potensi automasi tugas ini dengan teknologi AI generatif (termasuk GPT), dengan mengambil kira pekerjaan ini berada di Malaysia. Skor hendaklah dalam julat 0.00 hingga 1.00. Anda boleh menggunakan langkah 0.01. Jangan berikan julat, hanya satu skor untuk setiap tugas. Skor yang lebih tinggi menunjukkan tahap kebolehaautomasi yang lebih besar. Jangan berikan sebarang justifikasi, hanya satu skor untuk setiap tugas.

Eloundou et al. (2023) dan Gmyrek et al. (2023) menunjukkan bahawa skor yang dijana oleh GPT-4 mempunyai tahap pertindihan yang tinggi dengan pemarkahan berasaskan manusia oleh pakar AI, kukuh terhadap perubahan semantik kecil dalam penerangan tugas, serta secara umum tidak berat sebelah dan konsisten merentasi iterasi.^{79 80}

Kami menjalankan dua semakan untuk memastikan kekukuhan skor yang dihasilkan AI.

Pertama, kami membandingkan skor yang dijana oleh GPT-4o dengan skor oleh Gmyrek et al. (2023). Hasilnya menunjukkan 442 daripada keseluruhan 465 pekerjaan mempunyai skor automasi di peringkat pekerjaan (purata skor kebolehaautomasi tugas) yang hampir sama dengan anggaran oleh Gmyrek et al. (iaitu dalam julat perbezaan 0.2 mata). Ini bermakna hanya 23 pekerjaan mempunyai skor peringkat-pekerjaan yang

berbeza lebih daripada 0.2 mata. Kami percaya ini berada dalam julat perbezaan yang boleh diterima, memandangkan perbezaan kontekstual dalam tugas antara Masco dan ISCO – serta disebabkan model yang lebih canggih (“4o”) yang digunakan dalam analisis kami berbanding Gmyrek (“4”).

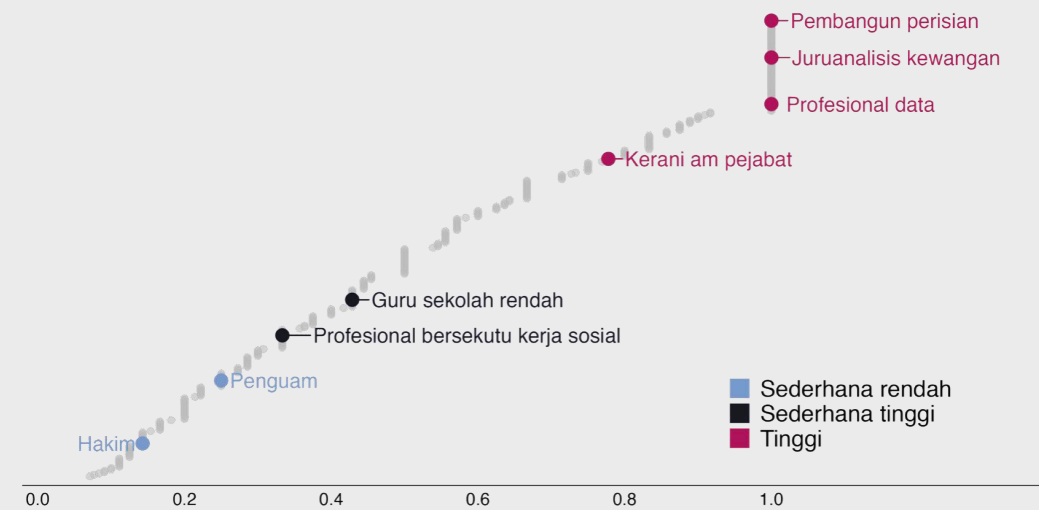
Kedua, kami menjalankan semakan konsistensi seperti yang dilakukan oleh Gmyrek et al., iaitu dengan mendorong API berulang kali untuk memberikan skor bagi sesuatu tugas sebanyak 50 kali dan mengira sisihan piawai. Kami melaksanakan semakan ini bagi sampel rawak sebanyak 100 tugas (jauh lebih besar berbanding lima tugas dalam kajian Gmyrek et al.) dan mendapati purata sisihan piawai ialah 0.015 (sebagai perbandingan, Gmyrek et al. melaporkan sisihan piawai antara 0.03 hingga 0.05 dalam ujian konsistensi mereka, seperti yang dinyatakan dalam Jadual 4 penulisan mereka).⁸¹ Kami percaya ini berada dalam ambang yang boleh diterima untuk konsistensi.

A3. Semakan sensitiviti ambang pengagregatan

Kaedah pengagregatan yang diterangkan dalam Lampiran A1 menghasilkan indeks pendedahan AI di peringkat pekerjaan, bergantung pada bilangan tugas yang mempunyai skor automasi melebihi satu ambang tertentu θ . Hasil utama kami dihasilkan menggunakan nilai median sampel (0.35) sebagai ambang tersebut, yang membolehkan tafsiran intuitif bagi indeks pendedahan AI: ia mewakili peratusan tugas dalam sesuatu pekerjaan yang berada dalam julat tertinggi potensi automasi.

Kami menjalankan analisis kepekaan terhadap hasil kajian menggunakan ambang alternatif dalam kaedah pengagregatan: iaitu purata skor automasi dan nilai ambang 0.5. Purata skor automasi ialah 0.3508, iaitu sedikit lebih tinggi berbanding nilai median. Menggunakan purata skor automasi sebagai ambang pengagregatan tidak menjejaskan keputusan. Kami memilih 0.5 sebagai ambang alternatif kedua kerana ia membawa maksud kebarangkalian sesuatu tugas itu diautomasi adalah lebih besar daripada satu. Menetapkan ambang pada 0.5 mengalihkan taburan indeks pendedahan AI ke bawah, kerana hampir 80% daripada semua tugas diberikan skor automasi kurang daripada atau sama dengan 0.5. Kebanyakan pekerjaan kini mempunyai indeks pendedahan AI sifar, yang bermaksud semua tugas mereka mempunyai kebarangkalian kurang daripada separuh untuk diautomasi oleh AI generatif. Pentingnya, kedudukan (*rank*) pendedahan AI bagi pekerjaan kekal sebahagian besarnya, dan pekerjaan yang paling terdedah masih berada dalam kategori pendedahan yang sama.

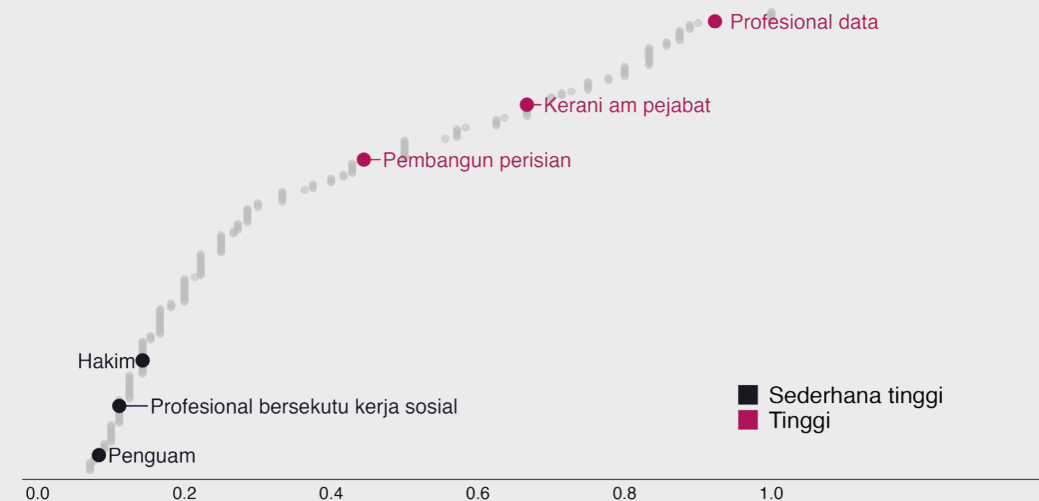
Rajah 18. Pekerjaan 4-digit MASCO disusun mengikut indeks pendedahan AI menggunakan purata skor automasi sebagai ambang pengagregatan



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO

Nota: Pekerjaan dengan indeks pendedahan AI sifar tidak disertakan.

Rajah 19. Pekerjaan 4-digit MASCO disusun mengikut indeks pendedahan AI menggunakan 0.5 sebagai ambang pengagregatan



Sumber: Kiraan penulis berdasarkan data eMASCO

Nota: Pekerjaan dengan indeks pendedahan AI sifar tidak disertakan.

A4. Keputusan regresi Probit

Jadual 4. Regresi Probit ke atas kebarangkalian terdedah tinggi kepada teknologi AI generatif, kesan marginal

Pemboleh ubah bersandar:

1 = pendedahan tinggi kepada AI (kuartil 4),

0 = pendedahan sederhana hingga rendah kepada AI (kuartil 3, 2, 1)

Lelaki	−0.027*** (0.001)
Umur	−0.003*** (0.000)
Umur kuasa dua	0.000*** (0.000)
Berkahwin	−0.009*** (0.001)
Cina (rujukan: Bumiputera)	0.082*** (0.001)
India (rujukan: Bumiputera)	−0.002 (0.001)
Lain-lain (rujukan: Bumiputera)	0.011*** (0.002)
Selesai sekolah rendah (rujukan: tiada sijil)	0.020*** (0.002)
Selesai sekolah menengah (rujukan: tiada sijil)	0.052*** (0.002)
Selesai pasca-sekolah menengah (rujukan: tiada sijil)	0.048*** (0.002)
Selesai tertiar (rujukan: tiada sijil)	0.035*** (0.002)
Perlombongan (rujukan: pertanian)	−0.005 (0.004)
Pembuatan (rujukan: pertanian)	0.032*** (0.003)
Pembinaan (rujukan: pertanian)	−0.020*** (0.003)
Perkhidmatan (rujukan: pertanian)	0.088*** (0.003)
Profesional (rujukan: pengurus)	0.060*** (0.002)
Juruteknik dan profesional bersekutu (rujukan: pengurus)	0.297*** (0.002)
Pekerja sokongan perkeranian (rujukan: pengurus)	0.657*** (0.002)
Pekerja perkhidmatan dan jualan (rujukan: pengurus)	−0.077*** (0.002)
Pekerja pertanian mahir (rujukan: pengurus)	-
Pekerja kraf dan perdagangan berkaitan (rujukan: pengurus)	−0.224*** (0.002)
Operator loji dan mesin (rujukan: pengurus)	-
Pekerja asas (rujukan: pengurus)	-
Pekerja sektor awam (rujukan: majikan)	−0.143*** (0.002)

<i>Pemboleh ubah bersandar:</i> <i>1 = pendedahan tinggi kepada AI (kuartil 4),</i> <i>0 = pendedahan sederhana hingga rendah kepada AI (kuartil 3, 2, 1)</i>	
Pekerja sektor swasta (rujukan: majikan)	0.035*** (0.002)
Individu yang bekerja sendiri (rujukan: majikan)	-0.051*** (0.002)
Bandar	0.020*** (0.001)
Pemerhatian	1,141,567
Pemboleh ubah dummy tahun	Ya
Pemboleh ubah dummy negeri	Ya
Pseudo R-kuasa dua	0.379
Ralat piawai dalam tanda kurungan	
*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$	

A5. Regresi gaji-kemahiran

Pembinaan pemboleh ubah ‘kelebihan manusia’

Kami menyusun senarai 363 kemahiran unik daripada maklumat mengenai kemahiran asas dan kemahiran khusus di eMASCO pada peringkat pekerjaan 6-digit. Kami mengekod secara manual pemboleh ubah baharu yang dipanggil “kelebihan manusia” untuk setiap kemahiran, yang ditetapkan kepada 2 jika manusia dianggap mengekalkan kelebihan berbanding teknologi AI generatif, dan 0 jika teknologi AI generatif dianggap mempunyai kelebihan perbandingan berbanding manusia.

Untuk kemahiran di mana beberapa gabungan elemen manusia dan AI dianggap perlu, atau jika tidak jelas sama ada AI atau manusia memegang kelebihan, pemboleh ubah “kelebihan manusia” ditetapkan kepada 1. Kemahiran yang mempunyai kelebihan manusia termasuklah kemahiran yang memerlukan interaksi fizikal, seperti fisioterapi, refleksologi dan pembedahan mulut; kemahiran yang memerlukan interaksi manusia-mesin seperti paip, kerja membaiki dan kimpalan; serta kemahiran yang melibatkan interaksi sosial yang kompleks seperti jualan, rundingan, pengambilan pekerja dan pengurusan komuniti. Sebaliknya, kemahiran di mana AI dianggap mempunyai kelebihan berbanding manusia termasuk penulisan, pentadbiran kerani dan pengurusan pangkalan data.

Bagi mengurangkan kemungkinan bias subjektiviti dalam proses pemarkahan manual, kami berusaha untuk mengesahkan rubrik pemarkahan kemahiran melalui semakan dalaman. Latihan pengesahan ini dijalankan bersama pakar AI, Farlina Said, Pengarah Program Siber dan Teknologi di ISIS Malaysia. Walaupun proses pengesahan dan penyesuaian ini mengukuhkan rangka kerja pemarkahan kemahiran, kami mengakui ia boleh mendapat manfaat daripada semakan luaran yang lebih lanjut. Selain itu, kami juga menggunakan model GPT-4o untuk memberikan skor “kelebihan manusia” untuk setiap kemahiran dan mendapati terdapat percanggahan utama yang minimum.

Nilai yang dihasilkan AI adalah lebih tentatif dan tidak menentu. Dalam erti kata lain, model GPT-4o lebih cenderung memberikan skor bernilai “1”, yang menunjukkan keadaan di mana tidak jelas sama ada AI atau manusia mempunyai kelebihan. Kami menggunakan kedua-dua pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang dikodkan secara manual dan yang dijana AI dalam analisis seterusnya.

Jadual 5. Tabulasi silang pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang dikodkan secara manual dan yang diberikan oleh AI

Dikodkan secara manual	Pemboleh ubah ‘kelebihan manusia’ yang dikodkan-AI		
	0	1	2
0	19	135	1
1	2	86	5
2	1	58	68

Nota: Hijau menunjukkan penjarangan antara pemboleh ubah yang dikodkan secara manual dan diberikan AI. Merah menunjukkan percanggahan utama, iaitu kemahiran yang diberikan nilai “kelebihan manusia” yang bertentangan antara kedua-dua kaedah pengkodan.

Keputusan regresi dan analisis

Kami menjalankan analisis regresi menggunakan pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang baru dibina menggunakan spesifikasi berikut:

$$A_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 HE$$

di mana A_i adalah indeks pendedahan AI dan HE adalah pemboleh ubah “kelebihan manusia”.

Kami mendapati hubungan negatif antara kemahiran “kelebihan manusia” dan pendedahan kepada AI generatif (Model 1). Dengan kata lain, pekerjaan yang memerlukan kemahiran berpusatkan manusia cenderung kurang terdedah kepada teknologi AI generatif. Penemuan ini berlaku apabila kami menganggarkan semula model menggunakan pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang ditugaskan-AI, menunjukkan corak ini adalah kukuh kepada strategi pengkodan alternatif (Model 2).

Kemudian, kami meneroka hubungan antara gaji dan kedua-dua indeks pendedahan AI dan pemboleh ubah “kelebihan manusia” kami menggunakan data daripada Survei Tenaga Buruh 2021. Kami menjalankan analisis regresi spesifikasi berikut:

$$\log(wages) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 A_i + \hat{\beta}_2 HE_i + \hat{\beta}_3 A_i HE$$

Kami juga mendapati terdapat hubungan negatif antara gaji dan kelaziman kemahiran “kelebihan manusia” (Model 3), yang menunjukkan kemahiran ini lebih banyak terdapat dalam pekerjaan berpendapatan rendah. Keadaan ini berkemungkinan didorong penumpuan kemahiran tersebut dalam pekerjaan yang bercirikan kerja manual, seperti kimpalan, penjagaan dan perkhidmatan peribadi, yang menawarkan gaji lebih rendah. Namun, hubungan negatif ini tidak signifikan dari segi statistik apabila menggunakan pemboleh ubah “kelebihan manusia” yang ditentukan oleh AI (Model 4). Interaksi antara pemboleh ubah “kelebihan manusia” dan indeks pendedahan AI mendedahkan corak yang lebih terperinci, di mana kemahiran “kelebihan manusia” dikaitkan dengan premium gaji pada tahap pendedahan AI yang tertinggi. Secara khususnya, kemahiran “kelebihan manusia” mula memperoleh premium gaji apabila pekerjaan mempunyai indeks pendedahan AI melebihi 0.825 (ramalan berdasarkan pekali anggaran daripada Model 3), menekankan keperluan untuk memupuk dan memperkukuh kemahiran ini sebagai benteng terhadap risiko pendedahan dan penggantian dalam ekonomi yang dipacu-AI.

Jadual 6. Regresi gaji-kemahiran

<i>Pemboleh ubah bersandar</i>	<i>Indeks pendedahan AI</i>		<i>Log median gaji</i>	
	Model (1)	Model (2)	Model (3)	Model (4)
Kelebihan manusia = 1 (Pengekoden manual)	− 0.123* (0.014)		−0.070 (0.047)	
Kelebihan manusia = 2 (Pengekoden manual)	− 0.284* (0.014)		− 0.322*** (0.042)	
Kelebihan manusia = 1 (dikodkan-AI)		− 0.192*** (0.030)		−0.021 (0.110)
Kelebihan manusia = 2 (dikodkan-AI)		− 0.309*** (0.032)		−0.074 (0.112)
Indeks pendedahan AI			0.331*** (0.048)	0.267** (0.131)
Kelebihan manusia = 1 x Indeks pendedahan AI			0.167*** (0.064)	0.344*** (0.134)
Kelebihan manusia = 1 x Indeks pendedahan AI			0.390*** (0.061)	0.324*** (0.139)
Pemalar	8.222*** (0.017)	8.035*** (0.045)	7.990*** (0.037)	7.830*** (0.108)
Pemerhatian	3,757	3,757	3,522	3,522
R kuasa dua	0.102	0.031	0.177	0.165
Ralat piawai berkelompok dalam kurungan.				
*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$				

Nota dan rujukan

- ¹ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ² Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. London: Basic Books UK.
- ³ Allen, R. C. (2009). *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816680>
- ⁴ Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. London: Basic Books UK.
- ⁵ Frey, C. B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77cz1>
- ⁶ Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. London: Basic Books UK.
- ⁷ Frey, C. B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77cz1>
- ⁸ Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- ⁹ Acemoglu, D., Lelarge, C., & Restrepo, P. (2020). Competing with Robots: Firm-Level Evidence from France. *AEA Papers and Proceedings*, 110, 383–388. <https://doi.org/10.1257/pandp.20201003>
- ¹⁰ Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753–768.
- ¹¹ Cuccu, L., & Royuela, V. (2024). Just reallocated? Robots displacement, and job quality. *British Journal of Industrial Relations*, 62(4), 705–731. <https://doi.org/10.1111/bjir.12805>
- ¹² Braxton, J. C., & Taska, B. (2023). Technological Change and the Consequences of Job Loss. *American Economic Review*, 113(2), 279–316. <https://doi.org/10.1257/aer.20210182>
- ¹³ Autor, D., Dorn, D., Hanson, G., & Majlesi, K. (2020). Importing Political Polarization? The Electoral Consequences of Rising Trade Exposure. *American Economic Review*, 110(10), 3139–3183. <https://doi.org/10.1257/aer.20170011>
- ¹⁴ Anelli, M., Colantone, I., & Stanig, P. (2021). Individual vulnerability to industrial robot adoption increases support for the radical right. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(47), e2111611118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111611118>
- ¹⁵ Milner, H. V. (2021). Voting for Populism in Europe: Globalization, Technological Change, and the Extreme Right—Helen V. Milner, 2021. *Comparative Political Studies*, 54(13), 2286–2320.
- ¹⁶ Bick, A., Blandin, A., & Deming, D. (2024). The Rapid Adoption of Generative Ai (SSRN Scholarly Paper 4964384). *Social Science Research Network*. <https://papers.ssrn.com/abstract=4964384>
- ¹⁷ Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models (arXiv:2303.10130). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10130>
- ¹⁸ Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2014). Global Decline of the Labor Share. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61–103.

- ¹⁹ Dao, M. C., Das, M., & Koczan, Z. (2019). Why is labour receiving a smaller share of global income?*. *Economic Policy*, 34(100), 723–759. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiaa004>
- ²⁰ Roldán-Monés, A. (2024). Three experiments on technology, inequality and ideology [Phd, London School of Economics and Political Science]. <https://etheses.lse.ac.uk/4842/>
- ²¹ Otis, N., Clarke, R., Delecourt, S., Holtz, D., & Koning, R. (2024). The Uneven Impact of Generative AI on Entrepreneurial Performance (SSRN Scholarly Paper 4671369). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4671369>
- ²² Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. London: Basic Books UK.
- ²³ Acemoglu, D. (2024). The Simple Macroeconomics of AI (Working Paper 32487). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w32487>
- ²⁴ Cowen, T. (2024, April 21). The Simple Macroeconomics of AI. Marginal REVOLUTION. <https://marginalrevolution.com/marginalrevolution/2024/04/the-simple-macroeconomics-of-ai.html>
- ²⁵ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ²⁶ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ²⁷ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. IMF Working Papers. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>
- ²⁸ TalentCorp. (2024). Impact Study of Artificial Intelligence, Digital, and Green Economy on the Malaysian Workforce. Talent Corporation Malaysia Berhad.
- ²⁹ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. IMF Working Papers. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>
- ³⁰ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ³¹ Georgieff, A., & Hyee, R. (2021). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Article 265. <https://ideas.repec.org/p/oec/elsaab/265-en.html>
- ³² Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. (2022). Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies. *Journal of Labor Economics*, 40(S1), 293–340.
- ³³ Georgieff, A., & Hyee, R. (2021). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Article 265. <https://ideas.repec.org/p/oec/elsaab/265-en.html>
- ³⁴ Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- ³⁵ Squicciarini, M. & Nachtigall, H. (2021). Demand for AI skills in jobs: Evidence from online job postings. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2021/03, OECD Publishing.

- ³⁶ Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- ³⁷ Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2018). A Method to Link Advances in Artificial Intelligence to Occupational Abilities. *AEA Papers and Proceedings*, 108, 54–57. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181021>
- ³⁸ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ³⁹ Georgieff, A., & Hye, R. (2021). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Article 265. <https://ideas.repec.org/p/oec/elsaab/265-en.html>
- ⁴⁰ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁴¹ Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models (arXiv:2303.10130). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10130>
- ⁴² Cheng, C., & Chong, Z. Z. (forthcoming). Generative AI and the future of work in East Asia: Data and Methods. ERIA Discussion Paper.
- ⁴³ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁴⁴ Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. *American Economic Review*, 104(8), 2509–2526. <https://doi.org/10.1257/aer.104.8.2509>
- ⁴⁵ Frey, C. B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77cz1>
- ⁴⁶ International Monetary Fund. (2025). Malaysia: 2025 Article IV Consultation-Press Release; and Staff Report. *IMF Staff Country Reports*, 2025(057). <https://doi.org/10.5089/9798229003339.002>
- ⁴⁷ Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2018). A Method to Link Advances in Artificial Intelligence to Occupational Abilities. *AEA Papers and Proceedings*, 108, 54–57. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181021>
- ⁴⁸ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>
- ⁴⁹ World Bank. (2024). *Jobs and Technology, World Bank East Asia and Pacific Economic Update* (October 2024). World Bank.
- ⁵⁰ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>

- ⁵¹ Georgieff, A., & Hyee, R. (2021). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Article 265. <https://ideas.repec.org/p/oec/elsaab/265-en.html>
- ⁵² Berg, J., & Gmyrek, P. (2023). Automation Hits the Knowledge Worker: ChatGPT and the Future of Work (SSRN Scholarly Paper 4458221). *Social Science Research Network*. <https://papers.ssrn.com/abstract=4458221>
- ⁵³ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>
- ⁵⁴ Lemieux, T. (2007). The Changing Nature of Wage Inequality (SSRN Scholarly Paper 1024127). *Social Science Research Network*. <https://papers.ssrn.com/abstract=1024127>
- ⁵⁵ Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- ⁵⁶ Pizzinelli, C., Panton, A., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor Market Exposure to AI: Cross-country Differences and Distributional Implications. *IMF Working Papers*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/10/04/Labor-Market-Exposure-to-AI-Cross-country-Differences-and-Distributional-Implications-539656>
- ⁵⁷ TalentCorp. (2024). Impact Study of Artificial Intelligence, Digital, and Green Economy on the Malaysian Workforce. Talent Corporation Malaysia Berhad.
- ⁵⁸ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁵⁹ Roldán-Monés, A. (2024). Three experiments on technology, inequality and ideology [Phd, London School of Economics and Political Science]. <https://etheses.lse.ac.uk/4842/>
- ⁶⁰ Otis, N., Clarke, R., Delecourt, S., Holtz, D., & Koning, R. (2024). The Uneven Impact of Generative AI on Entrepreneurial Performance (SSRN Scholarly Paper 4671369). *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4671369>
- ⁶¹ Cheng, C., & Chong, Z. Z. (forthcoming). Generative AI and the future of work in East Asia: Data and Methods. ERIA Discussion Paper.
- ⁶² Autor, D. H., Katz, L. F., & Kearney, M. S. (2006). The Polarization of the U.S. Labor Market. *American Economic Review*, 96(2), 189–194. <https://doi.org/10.1257/000282806777212620>
- ⁶³ Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2014). Global Decline of the Labor Share. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61–103.
- ⁶⁴ Acemoglu, D. (2024). The Simple Macroeconomics of AI (Working Paper 32487). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w32487>
- ⁶⁵ The disadvantage of payroll-based funding of social insurance is that it increases the cost of labour relative to capital, incentivising investment in the latter – including substitution of technologies such as generative AI for workers.
- ⁶⁶ Wan, Y. S., & Fang, N. L. C. (forthcoming). *Social Assistance in Malaysia: Identifying who's missing out*. World Bank.
- ⁶⁷ Georgieff, A., & Hyee, R. (2021). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Article 265. <https://ideas.repec.org/p/oec/elsaab/265-en.html>

- ⁶⁸ Fan, Y., Tang, L., Le, H., Shen, K., Tan, S., Zhao, Y., Shen, Y., Li, X., & Gašević, D. (2025). Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*, 56(2), 489–530. <https://doi.org/10.1111/bjet.13544>
- ⁶⁹ Weale, S. (2025, May 26). Estonia eschews phone bans in schools and takes leap into AI. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/education/2025/may/26/estonia-phone-bans-in-schools-aiartificialintelligence>
- ⁷⁰ OECD. (2024). *Do Adults Have the Skills They Need to Thrive in a Changing World?: Survey of Adult Skills 2023*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b263dc5d-en>
- ⁷¹ Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models (arXiv:2303.10130). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10130>
- ⁷² Wu, F., He, Q., & Wu, C. (2021). AI+X micro-program fosters interdisciplinary skills in China. *Communications of the ACM*, 64(11), 52–54. <https://doi.org/10.1145/3481612>
- ⁷³ Ng, M. (2024). Music is out, AI is in: China's universities introduce new majors in line with 'national goals'. *The Straits Times*. <https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/music-is-out-ai-is-in-china-suniversities-introduce-new-majors-in-line-with-national-goals>
- ⁷⁴ Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. London: Basic Books UK.
- ⁷⁵ Cheng, C., & Chong, Z. Z. (forthcoming). Generative AI and the future of work in East Asia: Data and Methods. ERIA Discussion Paper.
- ⁷⁶ Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2018). A Method to Link Advances in Artificial Intelligence to Occupational Abilities. *AEA Papers and Proceedings*, 108, 54–57. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181021>
- ⁷⁷ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁷⁸ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁷⁹ Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models (arXiv:2303.10130). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10130>
- ⁸⁰ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>
- ⁸¹ Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. *ILO Working Paper*, 96. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-andjobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and>



**INSTITUTE OF STRATEGIC &
INTERNATIONAL STUDIES
(ISIS) MALAYSIA**

Address 1, Persiaran Sultan Salahuddin,
50480 Kuala Lumpur, Malaysia
Phone 603 2693 9366
E-mail info@isis.org.my

 www.isis.org.my |  [ISIS_MY](#)

 [ISISMalaysia](#) |  [isis-malaysia](#)

 [isis_malaysia](#)