KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI
JABATAN PENDIDIKAN POLITEKNIK DAN KOLEJ KOMUNITI

POLITEKNIK MALAYSIA
SEBERANG PERAI

KAJIAN ANALISIS KEPERLUAN PASARAN

BIDANG TEKNOLOGI DAN KEJURUTERAAN DI PULAU PINANG DAN KEDAH



KAJIAN ANALISIS KEPERLUAN PASARAN

BIDANG TEKNOLOGI DAN KEJURUTERAAN DI PULAU PINANG DAN KEDAH

Diterbitkan oleh
Politeknik Seberang Perai

2026

Penasihat

Mohd Ruzi Bin Hamzah
Ts Dr Zulhadi Bin Zakaria
Zafarida Binti Kadir

Penulis dan Penyelidik

Norazlina Binti Mat Nayan
Syafirul Ikmar Bin Shaharudin
Ahmad Azlan Bin Ahmad
Wan Noraini Binti Usoh
Norhafizah Akmal Binti Sukri
Dr Mohd Pahmi bin Saiman
Dr. Neoh Hock Seng
Mohd Khairul Bin Domadi
Syahril Izwan Bin Abdul Yamin
Amirul Zaharin Bin Yusoff
Nurul Amira Binti Din
Nurul Azuwa Binti Md Muhayadin

© 2026 Politeknik Seberang Perai

Hak cipta terpelihara. Tiada mana-mana bahagian daripada penerbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan dalam sistem perolehan, atau disebarkan dalam apa jua bentuk atau dengan apa jua cara tanpa kebenaran bertulis daripada penerbit.

Diterbitkan oleh

Politeknik Seberang Perai
Jalan Permatang pauh
13500 Permatang Pauh
Pulau Pinang

eISBN 978-967-2774-90-7

KAJIAN ANALISIS KEPERLUAN PASARAN

KAJIAN ANALISIS KEPERLUAN PASARAN:

BIDANG TEKNOLOGI DAN KEJURUTERAAN DI PULAU PINANG DAN KEDAH

ABSTRAK

Kajian ini membentangkan dapatan kajian analisis keperluan pasaran yang memfokuskan dua bidang kritikal di Zon Utara, iaitu Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi yang merupakan sub bidang dalam sektor Elektrik & Elektronik (E&E). Kajian menumpukan ekosistem industri di Pulau Pinang dan Kedah, dengan responden terdiri daripada industri berkaitan serta alumni yang bekerja dalam bidang berkenaan. Pendekatan metodologi menggunakan data kuantitatif bagi menilai tahap penerimaan, jurang kemahiran dan cadangan penambahbaikan. Dapatan menunjukkan tahap penerimaan yang tinggi terhadap keperluan kedua-dua bidang, namun wujud jurang kemahiran merentas tema automasi, digitalisasi operasi, kemahiran masa hadapan, pengukuhan amalan kualiti digital, dan pendedahan kepada proses khusus seperti CNC multi-axis, *additive manufacturing*, reka bentuk, validasi modul radio frekuensi (RF), pengintegrasian serta penalaan antena, automasi pengujian fungsi, pembangunan *firmware* dan protokol terbenam. Perbincangan mengaitkan dapatan dengan dasar nasional, dokumen wilayah koridor utara dan inisiatif bakat TalentCorp bagi menyokong penjajaran kemahiran. Kajian ini mengemukakan cadangan strategik merangkumi pemodenan kandungan latihan berteras IR4.0, peluasan latihan industri berstruktur, pelaksanaan pensijilan mikro berasaskan kompetensi, serta pembentukan tadbir urus kluster latihan serantau. Secara keseluruhan, kajian ini mengesahkan keperluan segera memperkukuh pembangunan bakat dalam dua bidang tersebut bagi mengekalkan daya saing rantaian bekalan E&E dan pembuatan berketepatan tinggi di Zon Utara.

Kata kunci: Teknologi Pemesinan; Kejuruteraan Elektronik Komunikasi; Elektrik & Elektronik (E&E); Pulau Pinang; Kulim Hi-Tech Park; Automasi; AIoT; Industry 4.0.

ISI KANDUNGAN **MUKASURAT**

1.0 PENDAHULUAN

1.1	Pengenalan	1
1.2	Latar Belakang Kajian	4
1.3	Persoalan Kajian	5
1.4	Objektif Kajian	6
1.5	Skop Kajian	6
1.6	Kepentingan Kajian	7

2.0 SOROTAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	9
2.2	Dasar Nasional	9
2.3	Keperluan Tenaga Kerja dan Inisiatif	10
2.4	Dokumen Wilayah dan Dasar Negeri	11
2.5	Kajian Terdahulu dan Bukti Empirik	13
2.6	Tren Global dan Arah Aliran Masa Hadapan	13
2.7	Implikasi Terhadap Zon Utara	14

3.0 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	15
3.2	Reka Bentuk Kajian	15
3.3	Populasi dan Sampel	17
3.4	Instrumen Kajian	17
3.5	Prosedur Pengumpulan Data	20
3.6	Analisis Data	20
3.7	Pertimbangan Etika dan Keterbatasan	21
3.8	Rumusan	21

4.0 DAPATAN KAJIAN

4.1 Pengenalan 22

4.2 Profil Responden 22

4.3 Hasil Dapatan 23

4.4 Rumusan Dapatan 28

5.0 PERBINCANGAN

5.1 Pengenalan 29

5.2 Penerimaan Pemegang Taruh terhadap Bidang Teknologi Pemesinan 29

5.3 Penerimaan Pemegang Taruh terhadap Bidang Elektronik Komunikasi 30

5.4 Kemahiran Utama yang Diperlukan 30

5.5 Jurang Kemahiran dan Puncanya 31

5.6 Intervensi yang Disarankan 31

5.7 Penjajaran Dapatan dengan Dasar dan Implikasi kepada Zon Utara 32

5.8 Pencapaian Objektif Kajian 32

5.9 Batasan Kajian dan Cadangan Kajian Lanjutan 32

5.10 Rumusan 33

6.0 KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1 Pengenalan 34

6.2 Rumusan Menyeluruh Dapatan 34

6.3 Kesimpulan Mengikut Objektif Kajian 35

6.4 Impak Kajian kepada Pemegang Taruh 35

6.5 Batasan dan Cadangan Kajian Lanjutan 38

6.6 Penutup 40

RUJUKAN 41

LAMPIRAN

SENARAI RAJAH **MUKASURAT**

Rajah 1.1 Cabaran utama dalam NIMP 2030 1

Rajah 1.2 Peta Lokasi PSP 2

Rajah 1.3 Peta Lokasi PTSB 3

Rajah 2.1 Taburan Graduan, Sektor Pekerjaan serta Syarikat di Zon Utara 11

Rajah 2.2: Kesiapsiagaan Pulau Pinang dalam Penang2030 12

Rajah 3.1 Carta Alir Reka bentuk Kajian 16

Rajah 4.1 Carta Bar Bilangan Responden 22

Rajah 4.2 Carta Pai Peratusan Responden 23

SENARAI JADUAL **MUKASURAT**

Jadual 3.1 Borang Soal Selidik Penawaran Bidang Teknologi Pemesinan 16

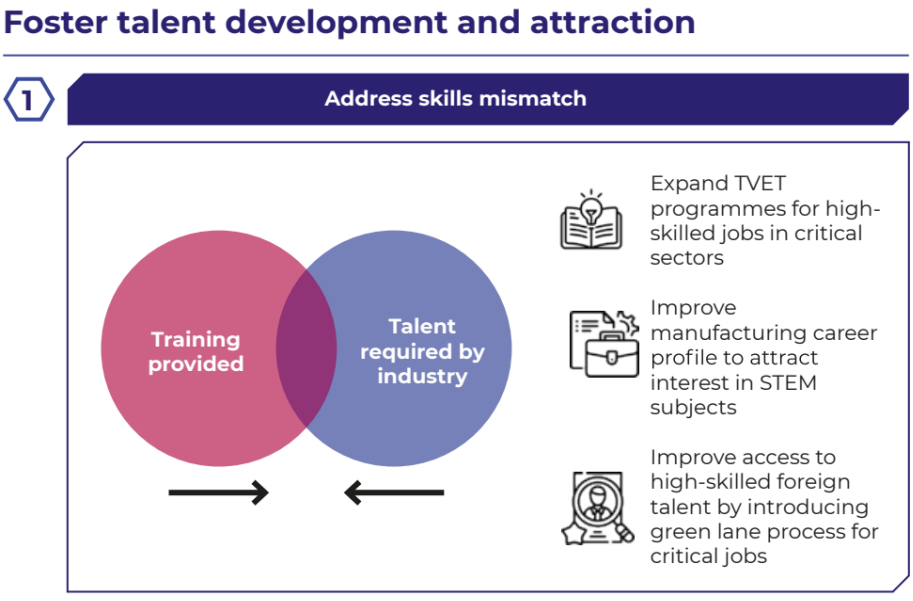
Jadual 3.2 Borang Soal Selidik Bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi 18

Jadual 4.1 Kemahiran Teras dan Keperluan Bidang 26

BAB 1: PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pembangunan negara pada era globalisasi dan Revolusi Industri Keempat (IR4.0) memerlukan tenaga kerja mahir yang bukan sahaja kompeten dari sudut teknikal, malah mampu menyesuaikan diri dengan teknologi baharu dan ekosistem industri yang pantas berubah. Malaysia, melalui aspirasi TVET Madani, Rancangan Malaysia Ke-13 (RMK-13) dan *New Industrial Master Plan* (NIMP 2030), menekankan keperluan melahirkan tenaga kerja separa profesional dan profesional yang berkemahiran tinggi, khususnya dalam bidang kritikal dan berimpak tinggi terhadap ekonomi negara. Rajah 1.1 memperlihatkan cabaran utama yang mengiringi agenda ini, iaitu ketidakpadanan kemahiran antara latihan yang disediakan dengan keperluan sebenar industri. Jurang antara institusi latihan dan keperluan bakat industri menunjukkan bahawa sistem latihan perlu diperkukuh agar lebih responsif terhadap kehendak sektor strategik. Situasi ini menuntut peluasan program TVET yang berfokus, peningkatan imej kerjaya teknikal serta penyelarasan pembangunan bakat dengan keperluan industri berteknologi tinggi.



Rajah 1.1 Cabaran utama dalam NIMP 2030

Dalam kajian ini, dua bidang utama yang dikenal pasti sebagai pemacu ekonomi Zon Utara ialah Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi. Kedua-duanya berkait rapat dengan ekosistem industri di Pulau Pinang dan Kedah. Pulau Pinang berperanan sebagai hab semikonduktor, elektronik dan pembuatan berketepatan tinggi, manakala Kedah melalui Kulim Hi-Tech Park (KHTP) menjadi pusat rantaian bekalan sektor E&E. Ruang lingkup data kajian ini adalah khusus mengikut wilayah: di Pulau Pinang, dapatan menumpu kepada keperluan bidang Teknologi Pemesinan; manakala di Kedah, dapatan menumpu kepada keperluan bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi yang merupakan antara cabang bidang E&E berteraskan ekosistem KHTP. Responden terdiri daripada industri berkaitan di negeri masing-masing serta alumni Politeknik Seberang Perai (PSP) dan Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah (PTSB).



Rajah 1.2: Peta lokasi PSP

Kedudukan geografi dua institusi rujukan di Zon Utara turut memperkukuh fokus bidang kajian ini. PSP terletak berhampiran Kawasan Perindustrian Perai (rujuk Rajah 1.2), dengan akses langsung ke Perai, Bayan Lepas dan Batu Kawan melalui jaringan lebuh raya utama serta Jambatan Pulau Pinang. Kedudukan ini menempatkan PSP di tengah-tengah rantaian bekalan pemesinan berketepatan tinggi yang meliputi bengkel komponen kejuruteraan, *mold and die*, automotif dan

peralatan perubatan. Proksimiti tersebut memudahkan kolaborasi industri institusi, latihan industri berstruktur, projek bersama, lawatan teknikal dan mempercepat penyelarasan kandungan latihan dengan keperluan semasa seperti *Computer Numerical Controller* (CNC) *multi-axis*, integrasi CAD/CAM, metrologi, automasi sel pengeluaran, jaminan kualiti (QA) atau kawalan kualiti (QC) digital.

Sementara itu, PTSB bersebelahan Kulim Hi-Tech Park (KHTP), kluster utama Kejuruteraan Elektronik Komunikasi yang menghimpunkan aktiviti gentian optik, peranti gelombang mikro, komunikasi data tanpa wayar serta sistem komunikasi keseluruhannya. Ekosistem ini menuntut kepakaran radio frekuensi, komunikasi, *embedded systems*, *automation testing*, amalan *cleanroom* (ESD) dan kesiap siagaan 5G atau AIoT. Kedudukan PTSB yang berada hampir dengan syarikat multinasional membolehkan penempatan latihan industri yang lebih terarah, perkongsian kemudahan ujian, serta pengemaskinian kemahiran mengikut piawaian semasa industri (rujuk Rajah 1.3).



Rajah 1.3: Peta lokasi PTSB

Secara keseluruhannya, pemetaan lokasi PSP – Perai – Bayan Lepas – Batu Kawan dan PTSB – KHTP menjustifikasikan tumpuan kajian terhadap keperluan pemesinan berketepatan tinggi di Pulau Pinang dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Kedah: pemesinan membekalkan komponen serta perkakas berketepatan tinggi untuk rantaian E&E, manakala keperluan toleransi tinggi, automasi dan kebolehkesanan dalam E&E pula memacu peningkatan keupayaan pemesinan. Sinergi ini menjadi asas kepada cadangan strategi pembangunan bakat dan kerjasama industri yang dihuraikan dalam bab-bab seterusnya.

1.2 Latar Belakang Kajian

Politeknik merupakan institusi pengajian tinggi teknikal yang diperkenalkan sejak 1969 melalui penubuhan Politeknik Ungku Omar. Pada masa kini terdapat 36 politeknik yang menawarkan 87 program merangkumi ijazah sarjana muda, diploma dan asasi teknologi kejuruteraan. PSP dan PTSB ialah dua daripada lapan politeknik yang beroperasi di utara Semenanjung Malaysia. Peranan institusi ini semakin strategik seiring keperluan industri serantau terhadap bakat teknikal yang berkeupayaan tinggi.

Industri pemesinan di Pulau Pinang berkembang sebagai nadi kepada pembuatan berteknologi tinggi. Bidang ini menuntut tenaga kerja yang mahir mengoperasi serta menyelenggara mesin CNC, menguasai CAD/CAM, metrologi, dan prinsip pembuatan pintar (automasi, data, dan kebolehkesanan). Sementara itu, bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi berkait rapat dengan ekosistem semikonduktor dan telekomunikasi di KHTP, yang menghimpunkan syarikat multinasional dalam gentian optik, peranti gelombang mikro, komunikasi data dan *testing* serta rangkaian komunikasi. Permintaan tenaga kerja dalam kedua-dua bidang kekal tinggi dan memerlukan penawaran latihan yang sejajar dengan teknologi semasa serta masa hadapan.

Pada masa yang sama, wujud kesedaran yang semakin meningkat berkenaan bidang teknologi dan kejuruteraan. Ini mendorong penawaran program berorientasikan teknologi yang lebih praktikal serta berfokus kemahiran menyelesaikan masalah sebenar industri, mempercepat kesediaan kerja dan memudahkan peralihan graduan ke tempat kerja melalui latihan industri berstruktur, projek

industri, serta pensijilan mikro. Penekanan teknologi yang aplikatif ini bukan sahaja meningkatkan kebolehpasaran, malah menyokong keperluan modal insan mahir dalam era IR4.0.

Pendekatan berasaskan teknologi ini juga menyumbang terus kepada Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) antaranya; SDG 4 – Pendidikan Berkualiti (TVET yang inklusif dan relevan industri), SDG 8 – Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi (laluan kerjaya teknikal bernilai tambah), SDG 9 – Industri, Inovasi dan Infrastruktur (penggunaan automasi, IoT/AIoT dan digitalisasi proses), SDG 10 – Mengurangkan Ketidaksamaan (akses kemahiran untuk komuniti pelbagai latar), SDG 12 – Penggunaan & Pengeluaran Bertanggungjawab (kecekapan tenaga, pengurangan sisa proses—contoh kitar semula timah *solder*, pematuhan ESD), serta SDG 17 – Perkongsian untuk Matlamat (kolaborasi kukuh institusi–industri–agensi). Saling perkaitan antara SDG dan dua bidang ini memperkukuhkan lagi justifikasi perancangan bakat Zon Utara dalam memastikan transformasi industri berlaku secara inklusif, berdaya saing, dan mampan.

1.3 Persoalan Kajian

Terdapat lima persoalan kajian yang telah dibangunkan iaitu:

1. Apakah tahap penerimaan pemegang taruh terhadap bidang Teknologi Pemesinan di Pulau Pinang?
2. Apakah tahap penerimaan pemegang taruh terhadap bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Kedah?
3. Apakah kemahiran utama yang diperlukan dalam kedua-dua bidang ini berdasarkan perspektif industri dan alumni?
4. Apakah jurang kemahiran (*skill gaps*) yang perlu ditangani oleh institusi TVET agar seiring keperluan industri?
5. Bagaimanakah kedua-dua bidang ini menyokong aspirasi dasar negara dan hala tuju pembangunan ekonomi Zon Utara?

1.4 Objektif Kajian

Kajian ini mempunyai lima objektif, iaitu:

1. mengenal pasti tahap penerimaan pemegang taruh terhadap dua bidang kritikal di Zon Utara
2. menilai jurang kemahiran antara penawaran latihan dengan kehendak industri
3. memetakan set kemahiran teras dan kemahiran rentas bagi kedua-dua bidang
4. merumus intervensi penambahbaikan (kurikulum, latihan industri berstruktur dan pensijilan mikro)
5. menilai impak dapatan terhadap pemegang taruh serta penjajaran dengan dasar nasional, serantau dan SDG.

1.5 Skop Kajian

Kajian memfokuskan dua bidang kritikal di Zon Utara, iaitu Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi (sub-bidang dalam sektor E&E). Responden kajian terdiri daripada:

(a) industri Pulau Pinang

(b) industri Kedah

(c) alumni PSP dan PTSB yang bekerja dalam bidang berkaitan

1.6 Kepentingan Kajian

Kajian ini penting kepada industri bagi mendapatkan tenaga kerja yang kompeten, mengurangkan kos latihan dan masa penyesuaian; kepada institusi TVET untuk menyemak semula penawaran bidang agar lebih relevan serta meningkatkan kebolehpasaran graduan; kepada alumni untuk memastikan kelayakan dan kemahiran kekal relevan; dan kepada kerajaan bagi menyokong agenda TVET Madani, NIMP 2030 dan RMK-13 sebagai pemacu pertumbuhan ekonomi lestari, khususnya dalam bidang Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi yang merupakan salah satu cabang dalam E&E di Zon Utara. Kajian ini dapat memberi pelbagai manfaat strategik yang menyokong pencapaian SDG.

1. Meningkatkan Kualiti Pendidikan (SDG 4).

Kajian ini memastikan penawaran latihan berkualiti, relevan dan berupaya melahirkan graduan yang kompeten serta memahami keperluan pasaran dan perkembangan industri (contoh: CNC multi-axis, integrasi CAD/CAM, komunikasi *data and testing*, gentian optik, RF). Ini secara langsung meningkatkan tahap profesionalisme dan daya saing pelajar di peringkat nasional dan global.

2. Menyokong Kerja Layak dan Pertumbuhan Ekonomi (SDG 8).

Penawaran bidang dan latihan yang dibangunkan berasaakan bukti keperluan pasaran akan meningkatkan kebolehpasaran graduan serta melahirkan modal insan berkemahiran tinggi bagi kluster pemesinan dan elektronik. Ini merangsang pertumbuhan ekonomi serantau serta memperkukuh struktur pekerjaan yang berkualiti.

3. Memacu Inovasi dan Pembangunan Industri (SDG 9).

Kajian ini membantu mengenal pasti bidang berteknologi tinggi dan inovatif seterusnya menyokong pembinaan infrastruktur latihan moden (makmal automasi, peralatan metrologi, peranti ujian RF). Institusi lebih bersedia membekalkan tenaga kerja yang menjadi tunjang inovasi industri secara berterusan.

4. Mengurangkan Ketidaksamaan (SDG 10).

Dapatan kajian ini digunakan untuk merancang laluan latihan yang inklusif dan bersesuaian dengan keperluan komuniti pelbagai latar (termasuk luar bandar), membuka akses kepada kemahiran bernilai tinggi dalam pemesinan dan elektronik melalui latihan industri berstruktur, projek industri dan pensijilan mikro, sekali gus mengurangkan jurang sosioekonomi.

5. Menyokong Penggunaan Sumber yang Bertanggungjawab (SDG 12).

Tumpuan kepada amalan pengeluaran dan penggunaan yang bertanggungjawab dalam latihan (kecekapan tenaga mesin, pengurusan sisa *solder*, reka bentuk kitar semula, pematuhan ESD) membantu institusi mencapai kelestarian operasi sambil membudayakan amalan mampan dalam kalangan pelajar dan industri.

6. Menggalakkan Kerjasama Strategik (SDG 17).

Kajian membuka ruang perkongsian pintar antara institusi, industri dan agensi antaranya InvestPenang, KHTP, NCER dan TalentCorp untuk memperkaya kandungan, menyelaras latihan industri berstruktur, penempatan latihan, perkongsian fasiliti ujian serta laluan kerjaya. Jaringan kerjasama ini memperkukuh sistem TVET yang responsif terhadap kehendak pasaran dan transformasi industri.

BAB 2: SOROTAN LITERATUR & DASAR

2.1 Pengenalan

Bab ini menghimpunkan dasar nasional, laporan agensi, dokumen perancangan wilayah dan kajian terdahulu yang berkaitan dengan keperluan bidang Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi. Sorotan memberi tumpuan kepada dasar TVET, kerangka Malaysia MADANI, Dasar Ekonomi Digital Malaysia (DEDM), Pelan Jalinan Digital Negara (JENDELA), Industry4WRD serta inisiatif pemetaan bakat dan perancangan tenaga kerja oleh TalentCorp dan dokumen wilayah seperti Northern Corridor Economic Region (NCER). Perbincangan turut mengangkat tren global seperti automasi, AIoT, transformasi hijau dan kesannya ke atas permintaan kemahiran di Zon Utara.

2.2 Dasar Nasional

Dasar pemodenan industri Malaysia bermula dengan Industry4WRD (MITI, 2018) yang menggariskan hala tuju transformasi sektor pembuatan melalui automasi, robotik, *Internet of Things* (IoT), analitik data dan integrasi siber-fizikal. Dokumen ini menekankan keperluan pengukuhan produktiviti, inovasi dan pembangunan modal insan bagi mendorong industri kecil dan sederhana (IKS) serta syarikat multinasional untuk beralih kepada pengeluaran bernilai tinggi (MITI, 2018). Selanjutnya, *New Industrial Master Plan* 2030 (NIMP 2030) menstrukturkan semula pembangunan industri menerusi empat misi utama, termasuk mendorong kompleksiti ekonomi dan peralihan kepada produk serta proses pembuatan yang lebih canggih (MITI, 2023). NIMP 2030 turut menggariskan sektor keutamaan termasuk Elektrik & Elektronik (E&E) dan pembuatan berketepatan tinggi sebagai enjin pertumbuhan, dengan penekanan kepada inovasi, pelaburan dan pembangunan bakat (MITI, 2023).

Malaysia Digital Economy Blueprint (MyDIGITAL) menjadi landasan untuk mempercepat pendigitalan ekonomi melalui enam teras strategik yang merangkumi 48 inisiatif nasional (EPU,

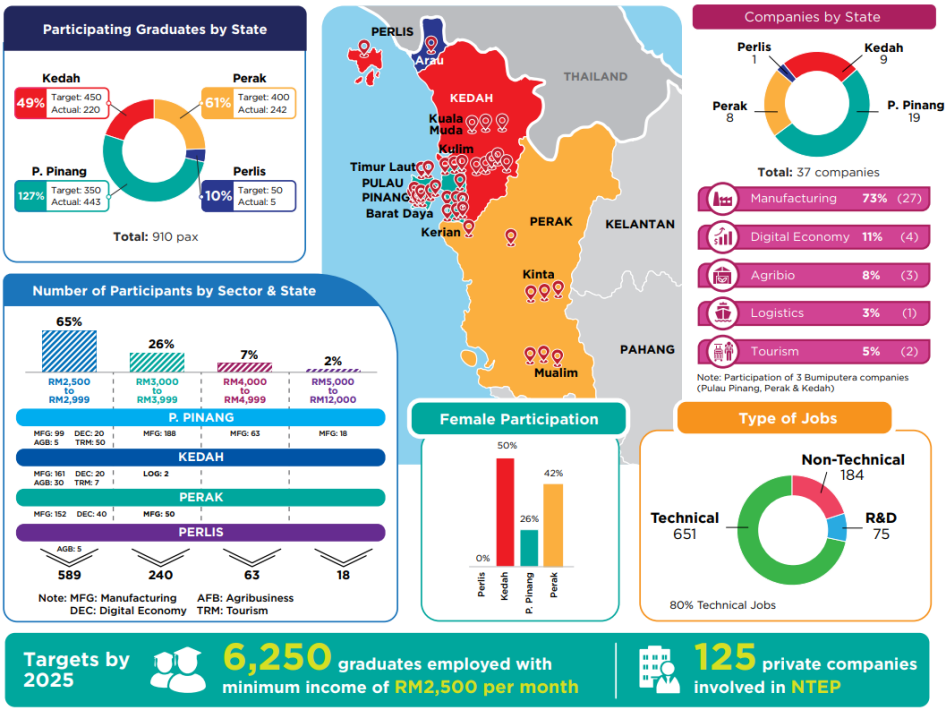
2021). Di bawah payung yang sama, pelaksanaan JENDELA memperkukuh infrastruktur digital meluaskan liputan rangkaian dan meningkatkan kualiti perkhidmatan jalur lebar sebagai prasyarat kepada aplikasi industri seperti kilang pintar, logistik pintar dan teleperubatan (MCMC, 2022). Kesemua dasar ini saling melengkapi: Industry4WRD dan NIMP 2030 memberikan hala tuju transformasi industri, manakala MyDIGITAL menyediakan prasarana digital yang memungkinkan transformasi tersebut direalisasikan (MITI, 2018; MITI, 2023; EPU, 2021; MCMC, 2022).

2.3 Keperluan Tenaga Kerja dan Inisiatif TalentCorp

Keberhasilan transformasi industri bergantung pada kesiapsiagaan bakat. TalentCorp menekankan keperluan mempercepat pemetaan peranan baharu dan kemahiran masa depan merentas sektor, termasuk pembuatan berketepatan tinggi serta ekosistem E&E. Melalui kajian impak berkaitan AI, pendigitalan dan ekonomi hijau, TalentCorp mengenal pasti skop pekerjaan baharu serta kemahiran rentas disiplin yang perlu diperkasa (TalentCorp, 2024). Secara khusus bagi Kejuruteraan Elektronik Komunikasi (sub-bidang dalam sektor E&E), kerangka pemetaan kemahiran TalentCorp boleh digunakan untuk melaras peranan seperti jurutera atau teknologis radio frekuensi (RF) dan validasi, jurutera antena dan integrasi, jurutera pematuhan, serta jurutera automasi pengujian fungsi. Kecekapan teras yang dituntut merangkumi asas RF dan digital berkelajuan tinggi, penalaan antena, penguasaan protokol tanpa wayar, automasi ujian dan skrip, instrumentasi (VNA/*spectrum analyzer*), amalan *cleanroom*, serta dokumentasi piawai dan *traceability* (TalentCorp, 2024). Platform MyMAHIR dan inisiatif MiSI 2.0 menyokong *reskilling* dan *upskilling* yang lebih disasar kepada kluster wilayah seperti KHTP dan rantaian bekalan di Pulau Pinang, dengan laluan pensijilan mikro berfokus, automasi pengujian dan *embedded connectivity* (TalentCorp, 2025). Pendekatan granular ini memastikan penjajaran latihan pekerjaan yang lebih tepat untuk memenuhi permintaan Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Zon Utara.

2.4 Dokumen Wilayah dan Dasar Negeri

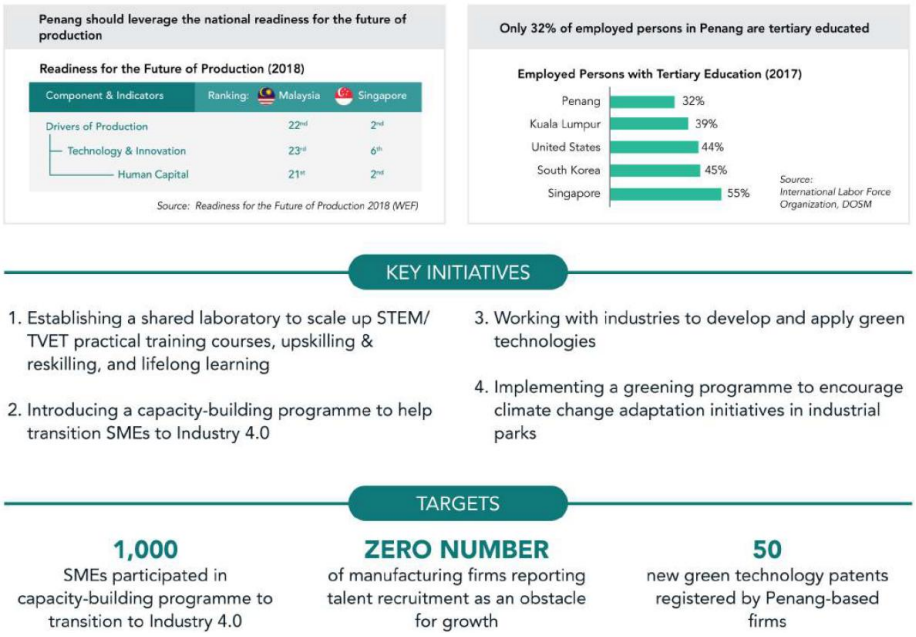
Zon Utara bernaung di bawah pelan strategik NCER yang memfokuskan pemacuan pertumbuhan ekonomi serantau, penyahimbangan jurang wilayah dan kemakmuran inklusif. NCER *Strategic Development Plan* memposisikan E&E dan pembuatan berteknologi tinggi sebagai pemacu utama, dengan penekanan kepada rantaian bekalan, hab inovasi dan pembangunan bakat (NCIA, 2024). Rajah 2.1 memaparkan taburan penyertaan graduan, sektor pekerjaan serta penglibatan syarikat mengikut negeri di Zon Utara. Pulau Pinang mencatat penyertaan graduan tertinggi berbanding sasaran, manakala Kedah dan Perak menunjukkan jurang antara sasaran dan pencapaian sebenar. Corak ini menggambarkan ketidakseimbangan pembangunan bakat wilayah, khususnya dalam sektor teknikal yang menyumbang majoriti peluang pekerjaan. Sebanyak 80% pekerjaan yang direkodkan adalah bersifat teknikal, menandakan permintaan tinggi terhadap kemahiran berasaskan teknologi dan pembuatan.



Rajah 2.1 Taburan Graduan, Sektor Pekerjaan serta Syarikat di Zon Utara

Dapatan ini mengukuhkan keperluan pengukuhan latihan teknikal dan vokasional (TVET) di Zon Utara, terutamanya dalam bidang pemesinan industri dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi yang menjadi tulang belakang ekosistem pembuatan serantau. Penyertaan industri yang aktif serta sasaran peningkatan pendapatan graduan turut menunjukkan keperluan penyelarasan antara penawaran latihan, keperluan industri dan strategi pembangunan bakat wilayah.

Di Pulau Pinang, ekosistem E&E yang matang meliputi semikonduktor, EMS, LED dan teknologi storan menyumbang lebih 40% eksport Malaysia pada 2023 menurut data DOSM yang dirujuk oleh InvestPenang (InvestPenang, 2024). Sementara itu, Kedah menerusi KHTP telah membangunkan persekitaran lengkap bagi perusahaan berteknologi tinggi, mengukuhkan kedudukan negeri sebagai pintu strategik ke pasaran Asia Tenggara (ASEAN) serta rantaian bekalan global (Kulim Technology Park Corporation, 2025).



Rajah 2.2: Kesiapsiagaan Pulau Pinang dalam Penang2030

Rajah 2.2 menunjukkan kesiapsiagaan Pulau Pinang dalam menghadapi masa depan pembuatan berdasarkan penilaian global serta jurang modal insan tertiari dalam sektor pekerjaan. Walaupun negeri ini berada dalam ekosistem pembuatan berteknologi tinggi, kadar tenaga kerja

berpendidikan tertiari masih rendah berbanding negara maju. Situasi ini menekankan keperluan pengukuhan latihan teknikal dan TVET, khususnya melalui makmal bersama industri, program peningkatan kapasiti dan peralihan ke teknologi hijau. Inisiatif ini selari dengan agenda pembangunan bakat yang dibincangkan dalam laporan TalentCorp serta pelan strategik wilayah NCER.

2.5 Kajian Terdahulu dan Bukti Empirik

Kajian empirikal dan laporan industri menggariskan isu jurang kemahiran yang berterusan dalam kedua-dua bidang yang dikaji. Dalam teknologi pemesinan, keperluan kepada penguasaan multi-axis CNC, integrasi CAD/CAM yang maju, kawalan kualiti berteraskan data serta automasi barisan pengeluaran semakin mendesak seiring peningkatan kerumitan produk (MIDA, 2023; MITI, 2018). Dalam kejuruteraan elektronik komunikasi, permintaan terhadap kepakaran *assembly and testing*, proses gentian optik, reka bentuk *embedded systems* dan kesiapsiagaan 5G atau AIoT meningkat seiring peluasan rantaian nilai semikonduktor (MIDA, 2023; InvestPenang, 2024). Kajian-kajian ini konsisten menunjukkan bahawa keselarasan kurikulum dan latihan kerja berstruktur dengan keperluan industri adalah faktor penentu kebolehpasaran serta produktiviti.

2.6 Tren Global dan Arah Aliran Masa Hadapan

Tren global menuntut penyesuaian kemahiran yang pantas. IR4.0 mendorong integrasi sistem siber-fizikal, automasi cerdas dan analitik masa nyata; sementara peralihan ke arah ekonomi hijau menuntut proses pembuatan yang lebih cekap tenaga, rendah karbon dan boleh kitar semula. Dalam elektronik komunikasi, AIoT dan 5G atau 6G bakal memperluas ke penggunaan industri melangkaui kilang pintar, termasuk logistik berautonomi, grid tenaga pintar dan peranti perubatan tersambung (EPU, 2021; MCMC, 2022). Kebolehsuaian tenaga kerja terhadap perubahan teknologi meliputi kemahiran teknikal, literasi digital, pemikiran analitik dan kolaborasi rentas fungsi menjadi faktor kritikal daya saing wilayah.

2.7 Implikasi terhadap Zon Utara dan Rumusan

Sorotan literatur memperlihatkan bahawa kedua-dua bidang Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi adalah kritikal dan strategik kepada Zon Utara. Dasar nasional Industry4WRD, NIMP 2030, MyDIGITAL dan JENDELA membentuk rangka kerja transformasi industri dan digital, manakala NCER menyediakan konteks wilayah untuk pertumbuhan berpaksikan rantaian nilai E&E dan pembuatan berketepatan tinggi. Inisiatif bakat oleh TalentCorp menambah baik jajaran kemahiran melalui pemetaan peranan baharu, platform pemadanan dan intervensi latihan semula. Secara kolektif, bukti literatur menyokong keperluan memperkukuh penawaran latihan dan peluang pengalaman kerja yang selari dengan keperluan industri di Pulau Pinang dan Kedah bagi menjamin pertumbuhan yang mampan serta kebolehpasaran tenaga kerja masa hadapan.

BAB 3: METODOLOGI KAJIAN

3.1 Pengenalan

Bab ini menghuraikan metodologi kajian yang digunakan untuk menilai keperluan dua bidang kritikal di Zon Utara, iaitu Teknologi Pemesinan dan Elektronik Komunikasi. Reka bentuk kajian berteraskan pendekatan kuantitatif melalui edaran soal selidik bagi mendapatkan gambaran menyeluruh tentang tahap penerimaan pemegang taruh, jurang kemahiran, serta cadangan penambahbaikan yang diperlukan oleh industri. Bagi memastikan kesahan kandungan instrumen, item soal selidik telah diteliti oleh panel pakar dalam bidang berkaitan sebelum diedarkan.

Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan perisian Statistical Package for Social Science (SPSS), merangkumi statistik deskriptif seperti kekerapan dan peratusan serta min dan sisihan piawai jika bersesuaian bagi menzahirkan pola maklum balas responden. Hasil analisis ini menjadi asas untuk menilai tahap penerimaan terhadap kedua-dua bidang, mengenal pasti jurang kemahiran utama, dan seterusnya membingkaikan cadangan yang lebih terarah bagi penyelarasan latihan dan pembangunan bakat di Zon Utara.

3.2 Reka Bentuk Kajian

Reka bentuk kajian merupakan satu kerangka sistematik yang digunakan oleh penyelidik untuk merancang, melaksanakan, dan menganalisis kajian secara teratur. Bagi memastikan kajian dijalankan secara terancang, satu carta alir telah dibangunkan seperti dalam Rajah 3.1 bagi menggambarkan reka bentuk kajian.

Langkah pertama ialah kajian literatur, yang dijalankan bagi mengenal pasti teori, konsep, dan hasil kajian terdahulu yang berkaitan dengan penyelidikan. Seterusnya, proses pembangunan dan pengurusan soal selidik dilaksanakan. Instrumen ini dibina berdasarkan dapatan daripada kajian literatur, dan merangkumi proses semakan oleh pakar serta pemurnian item soal selidik.



Rajah 3.1: Carta Alir Reka bentuk Kajian

Langkah ketiga melibatkan pra ujian, di mana soal selidik diberikan kepada pensyarah pakar bahasa, pensyarah pakar bidang dan pensyarah rujukan bagi menilai kefahaman, kesesuaian soalan serta menentukan kebolehpercayaan dan kesahan instrumen yang dibina. Selepas instrumen disahkan, proses pengumpulan data sebenar dijalankan ke atas sampel kajian yang telah ditentukan. Data diperolehi daripada responden melalui soal selidik yang diedarkan kepada responden yang terdiri daripada dua kategori iaitu industri dan alumni. Kutipan data dilaksanakan pada Mei 2025.

Langkah kelima ialah analisis data, di mana data mentah yang dikumpul dianalisis bagi menjawab objektif kajian dan persoalan kajian. Akhir sekali, dapatan data dianalisis dan dihuraikan untuk menjelaskan penemuan kajian serta menjawab persoalan kajian yang telah ditetapkan. Proses ini diakhiri dengan penyediaan laporan dan kesimpulan kajian.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi kajian terdiri daripada: (i) industri Pulau Pinang dan Kedah yang berkaitan dengan Pemesinan, *mold and die*, automotif, aeroangkasa dan *medical devices*; (ii) industri Kedah yang berkaitan dengan semikonduktor, gentian optik, komunikasi data, telekomunikasi; serta (iii) alumni PSP dan PTSB yang bekerja dalam dua bidang berkenaan. Persampelan bertujuan (purposive sampling) digunakan bagi memastikan hanya responden yang mempunyai kaitan langsung dengan dua bidang ini dipilih. Saiz sampel sebenar adalah seperti berikut : Industri Pulau Pinang = 57 syarikat, Alumni PSP = 52 orang, Industri Kedah = 30 syarikat, Alumni PTSB = 50 orang.

3.4 Instrumen Kajian

Jadual 3.1 dan Jadual 3.2 menunjukkan borang soal selidik yang melibatkan satu penawaran bidang yang bakal ditawarkan dan satu bidang yang sediaada**.** Responden telah dikategorikan kepada dua kumpulan utama, iaitu Industri dan Alumni. Setiap kategori diberikan satu set soalan khusus untuk menilai pandangan mereka terhadap kesesuaian, dan keperluan bidang yang dicadangkan. Jadual ini mengandungi maklumat seperti nombor soalan, nama program, kategori responden, kandungan soalan, dan ruangan rujukan. Tujuan soal selidik ini adalah untuk mendapatkan maklum balas daripada pihak pemegang taruh mengenai keberkesanan dan kesesuaian program-penawaran bidang yang dirancang agar selaras dengan keperluan industri dan pasaran kerja semasa.

Jadual 3.1: Borang Soal Selidik Penawaran Bidang Teknologi Pemesinan

Politeknik Seberang Perai				
Bil	**Bidang**	**Kategori**	**Soalan**	**Rujukan**
1.	Teknologi Pemesinan	Industri	1. Organisasi saya mendapat faedah dari bidang Teknologi Pemesinan	Pandangan atau maklum balas rasmi daripada syarikat industri, Dasar TVET Negara, Malaysian Qualifications Framework (MQF).
			2. Organisasi saya boleh menerima graduan dari bidang Teknologi Pemesinan untuk latihan industri	
			3. Bidang Teknologi Pemesinan adalah bidang yang relevan sesuai bagi organisasi saya	
			4. Pada pendapat saya, bidang Teknologi Pemesinan yang dicadangkan memenuhi keperluan industri.	
2.	Teknologi Pemesinan	Alumni	1. Pada pendapat saya, bidang Teknologi Pemesinan yang dicadangkan memenuhi keperluan industri	Laporan penilaian alumni terhadap keperluan industri, Hasil kajian tracer study.
			2. Bidang Teknologi Pemesinan yang dicadangkan akan digunakan dalam bidang kerjaya saya	
			3. Sektor pekerjaan pada masa ini memerlukan modal insan dengan kelayakan yang diperakui dalam bidang bidang Teknologi Pemesinan yang dicadangkan	
			4. Sektor pekerjaan saya memerlukan lebih ramai modal insan bertauliah dalam bidang ini dalam tempoh lima tahun akan datang?	

Jadual 3.2: Borang Soal Selidik Bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi

Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah				
Bil	**Bidang**	**Kategori**	**Soalan**	**Rujukan**
1.	Kejuruteraan Elektronik Komunikasi	Industri	1. Pada pendapat anda adakah program Diploma Kejuruteraan Elektronik Komunikasi penting untuk politeknik-politeknik di Malaysia?	Pandangan atau maklum balas rasmi daripada syarikat industri, Dasar TVET Negara, Malaysian Qualifications Framework (MQF).
			2. Adakah syarikat anda memberi keutamaan kepada graduan yang berkelulusan di dalam bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi dari segi pengambilan pekerja baru?	
			3. Apakah tahap kesukaran yang dihadapi oleh syarikat anda untuk mencari bakat baru di dalam bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi?	
			4. Apakah tahap kepentingan Program Diploma Kejuruteraan Elektronik Komunikasi ini terhadap syarikat anda?	
2.	Kejuruteraan Elektronik Komunikasi	Alumni	1. Adakah program Diploma Kejuruteraan Elektronik Komunikasi ini memberikan anda persediaan yang mencukupi untuk menghadapi alam pekerjaan dalam bidang ini?	Laporan penilaian alumni terhadap keperluan industri,Hasil kajian tracer study.
			2. Apakah tahap keyakinan anda untuk bekerja di dalam bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi?	
			3. Adakah anda rasakan bahawa pendidikan formal seperti program Diploma Kejuruteraan Elektronik Komunikasi penting dalam kerjaya anda?	
			4. Sejauh manakah anda telah mengaplikasikan pengetahuan anda di dalam alam pekerjaan?	

Instrumen utama ialah borang soal selidik lima bahagian: A) Demografi; B) Tahap keperluan bidang; C) Keperluan kemahiran semasa (teknikal & digital); D) Keperluan kemahiran masa hadapan (IR4.0, AIoT, *green*); E) Cadangan penambahbaikan. Skala Likert 5 mata digunakan (1= Sangat Tidak Setuju, 5= Sangat Setuju). Soalan-soalan yang diajukan bertemakan keperluan terhadap penawaran program baru serta pengekalan program yang sedia ada.

3.5 Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dijalankan selama 4 minggu iaitu di sepanjang bulan Mei 2025 melalui:

(i) edaran *Google Form* dan salinan fizikal kepada syarikat terpilih dan alumni;
(ii) semakan dokumen sekunder seperti laporan kebolehpasaran, unjuran guna tenaga dan dokumen dasar (MITI, EPU, TalentCorp, NCIA).

Data yang dikumpulkan dianalisis secara deskriptif menggunakan perisian SPSS.

3.6 Analisis Data

Analisis data bagi kajian ini telah dilaksanakan menggunakan perisian SPSS bagi memperoleh gambaran yang lebih jelas terhadap corak serta taburan jawaban responden. Kajian ini menggunakan kaedah analisis deskriptif melalui pengiraan peratusan bagi setiap item dalam soal selidik berdasarkan jawapan yang diberikan oleh responden. Hasil analisis mendapati bahawa majoriti responden memberikan maklum balas yang selari dan konsisten dengan objektif kajian yang telah ditetapkan.

3.7 Pertimbangan Etika dan Keterbatasan

Kerahsiaan responden dipelihara; data dilaporkan secara aggregat tanpa mendedahkan identiti organisasi atau individu. Penyertaan adalah sukarela. Keterbatasan kajian termasuk skop responden yang tertumpu kepada Pulau Pinang dan Kedah dan alumni dua institusi; justeru generalisasi luar kawasan perlu dibuat dengan berhati-hati.

3.8 Rumusan

Reka bentuk kajian yang menggunakan data kuantitatif membolehkan penilaian komprehensif terhadap keperluan dua bidang kritikal ini, serta menyediakan asas yang kukuh bagi perbincangan dan cadangan strategi dalam bab-bab seterusnya.

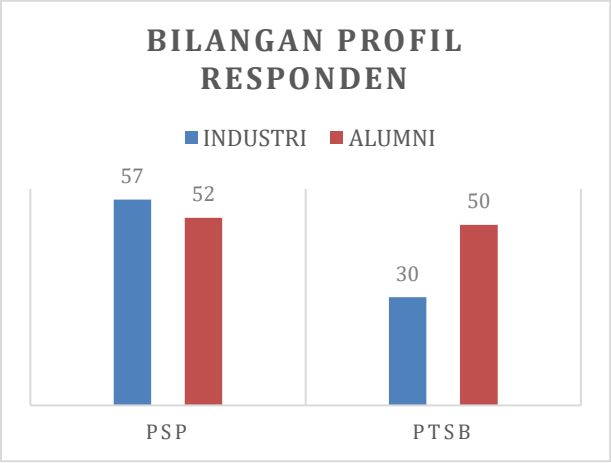
BAB 4: DAPATAN KAJIAN

4.1 Pengenalan

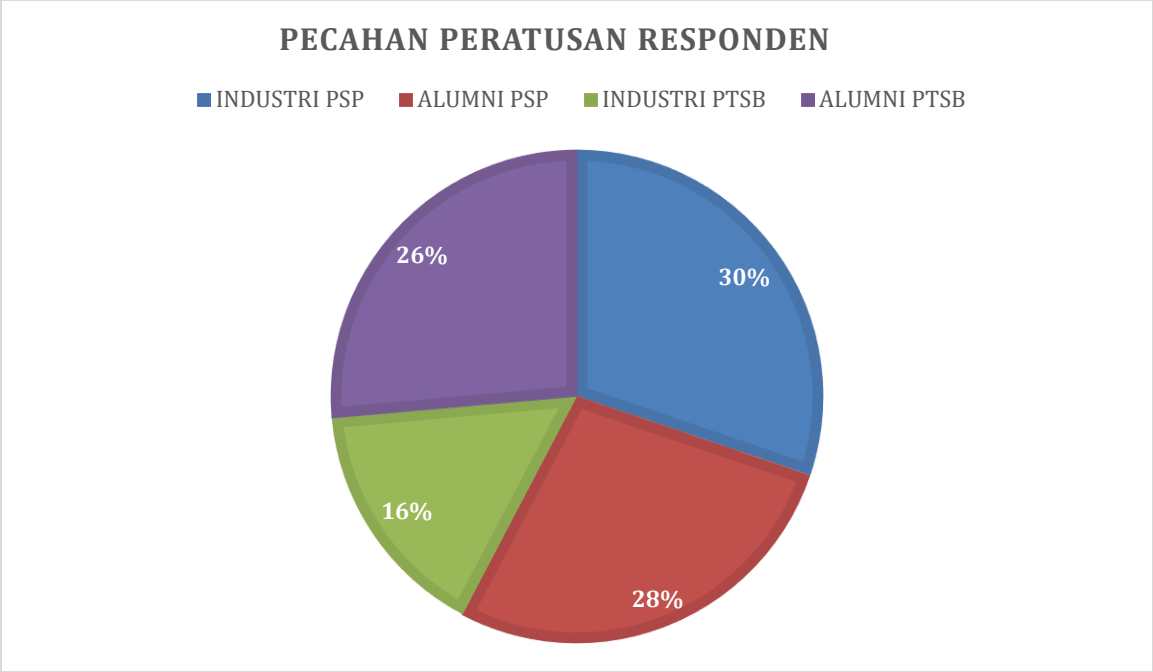
Bab ini membentangkan hasil dapatan berdasarkan soal selidik. Dapatan disusun mengikut dua bidang utama iaitu Teknologi Pemesinan (Pulau Pinang) dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi (Kedah) serta dibandingkan untuk mengenal pasti sinergi dan keperluan rentas bidang.

4.2 Profil Responden

Sebahagian besar responden industri bagi PSP dan PTSB terdiri daripada syarikat bersaiz sederhana-besar dengan operasi automasi sederhana hingga tinggi; manakala responden alumni kebanyakannya bekerja sebagai juruteknik, penyelia, juruteknik kawalan kualiti, juruteknik servis lapangan dan penolong jurutera. Rajah 4.1 adalah menunjukkan bilangan responden industri dan alumni bagi kedua-dua politeknik manakala rajah 4.2 pula menujukkan peratusan bagi keseluruhan responden yang terlibat dalam kajian ini.



Rajah 4.1: Carta Bar Bilangan Responden



Rajah 4.2: Carta Pai Peratusan Responden

4.3 Hasil Dapatan

Bahagian ini membincangkan hasil dapatan mengikut objektif yang telah ditetapkan.

4.3.1 Bidang Teknologi Pemesinan (Pulau Pinang)

Industri pemesinan memerlukan kompetensi kemahiran teknikal yang tinggi. Majoriti responden bersetuju bahawa kemahiran asas operasi mesin CNC, penyediaan alat (tooling), dan penetapan parameter adalah mencukupi, namun pendedahan kepada *multi-axis machining* (4/5-axis), integrasi CAD/CAM lanjutan, serta automasi sel perlu dipertingkatkan. Tahap keperluan bidang mendapat skala likert 4.3 iaitu berada pada tahap tinggi. Manakala 82% industri bersetuju bahawa kandungan latihan perlu selari dengan keperluan dan teknologi semasa. Tambahan lagi pihak industri menyatakan keperluan tambahan dalam bidang *additive manufacturing*, *digital* QA dan QC, *data analytics* dan keselamatan mesin automasi. Maklum balas turut mengesahkan

bahawa sinergi pemesinan dengan rantaian E&E semakin kritikal sebagai contoh komponen untuk perkakas *wafer, jig and fixture*, serta perumah elektronik ke toleransi mikron. Responden menekankan kepentingan literasi digital di tempat kerja sebagai contoh SPC berasaskan data masa nyata dan kemahiran penyelesaian masalah (*troubleshooting*) pada sistem automasi. Ini menunjukkan keperluan bagi bidang pemesinan bagi menyokong industri pembuatan berketepatan tinggi dan E&E di zon utara.

4.3.2 Bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi (Kedah)

Dalam ekosistem Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Kedah, permintaan kepada kemahiran sistem komunikasi digital terus meningkat. Tahap keperluan bidang daripada pihak alumni menunjukkan skala likert 3.79 manakala tahap keperluan bidang daripada pihak industri menunjukkan nilai skala Likert yang tinggi iaitu 4.6. Maklumbalas daripada soal selidik menunjukkan 62% responden (alumni) juga menegaskan keperluan latihan industri berstruktur di KHTP, pendedahan kepada teknologi terkini, serta pengukuhan kemahiran dokumentasi teknikal dan pematuhan piawaian. Manakala 80% maklumbalas daripada pihak industri menunjukkan keperluan kolaborasi dengan syarikat telekomunikasi, pensijilan dari pihak industri, penekanan kepada kemahiran ‘hands-on’ dan pengemaskinian kurikulum dari masa ke semasa. Dapatan kajian menunjukkan kedua-dua pihak industri memberikan maklum balas yang sangat konsisten dan positif terhadap kursus Diploma Kejuruteraan Elektronik Komunikasi. Industri menegaskan kursus ini relevan dengan keperluan automasi, IR4.0 serta dasar nasional seperti TVET dan NIMP 2030, manakala alumni menilai ia berkesan dalam melahirkan graduan kompeten. Justeru, pengekalan kursus ini adalah penting untuk menyokong pembangunan tenaga kerja mahir dan daya saing industri negara.

4.3.3 Perbandingan dan Sinergi

Silang hubung keperluan antara dua bidang ini boleh dirumuskan seperti dalam Jadual 4.1 di bawah. Kedua-dua bidang ini saling melengkapi di mana pemesinan membekalkan perkakasan untuk *wafer*, jig, *fixture* dan semikonduktor; Kejuruteraan Elektronik Komunikasi pula mendorong

permintaan kepada toleransi tinggi, automasi dan jejak digital dalam pengeluaran sekaligus menyokong industri E&E.

Jadual 4.1 Kemahiran Teras dan Keperluan Bidang

Dimensi	Pemesinan	Elektronik Komunikasi
Teknikal Teras	CNC multi-axis, CAD/CAM, metrologi	Komunikasi data/testing, wafer fab, embedded/5G
Automasi & Digital	Cell automation, OEE & data analytics	Automation testing, MES/cleanroom, RF test
Kualiti & Pematuhan	SPC, MSA, ISO 9001/TS16949	ESD, IPC, ISO 14644, telco standards
Masa Depan (IR4/5.0)	Additive manufacturing, digital twin, AI in machining	AIoT, edge computing, green electronics

4.3.4 Hubungan Dapatan Kajian dengan Dasar Kerajaan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa keperluan kemahiran dalam Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi adalah tinggi dan bergerak seiring transformasi industri ke arah automasi, pendigitalan serta kelestarian alam sekitar. Ini selaras dengan keutamaan Industry4WRD yang menekankan integrasi sistem siber fizikal, IoT, analitik data dan automasi proses sebagai pemacu produktiviti. Keperluan kemahiran rentas seperti celik data operasi, *traceability* dan amalan piawaian yang dikesan dalam kajian membuktikan keperluan pelaksanaan teras Industry4WRD – *People & Process* di lapangan.

Pada masa yang sama, tumpuan NIMP 2030 terhadap pengukuhan sektor E&E dan pembuatan berketepatan tinggi diperkukuh oleh dapatan tempatan: industri di Pulau Pinang memerlukan bakat pemesinan CNC multi-axis, CAD/CAM dan metrologi digital, manakala ekosistem Kedah

menuntut kemahiran komunikasi data *& testing*, gentian optik, asas RF, komunikasi, *automation testing* dan amalan *ESD*. Ini menyokong misi NIMP untuk menaik taraf kompleksiti produk dan proses serta membina rantaian nilai bernilai tambah tinggi yang disokong oleh bakat tempatan.

Keperluan 5G dan infrastruktur digital yang muncul dalam dapatan sejajar pula dengan DEDM, MyDIGITAL dan JENDELA, kerana kesiapsiagaan rangkaian dan perkhidmatan digital adalah prasyarat kepada kilang pintar, pengujian automasi dan *edge computing* di barisan pengeluaran. Penjajaran ini mengangkat peranan politeknik sebagai penyedia bakat yang memanfaatkan ekosistem digital negara.

Dari sudut pembangunan wilayah, pola keperluan bakat yang berpusat di kluster Perai–Bayan Lepas–Batu Kawan dan KHTP menyokong pendekatan *place-based* dalam pelan strategik NCER. Dapatan ini membenarkan perancangan penawaran bidang dan latihan industri yang lebih tepat setempat, berstruktur, sekali gus menyokong tarikan pelaburan dan kestabilan rantaian bekalan. Di sisi pemetaan bakat, cadangan pensijilan mikro dan latihan industri berstruktur yang disokong kajian adalah selaras dengan inisiatif TalentCorp (pemetaan peranan/kemahiran, unjuran guna tenaga, *skills alignment*), serta agenda TVET Madani untuk mengarusperdanakan pembelajaran berasaskan kerja dan pengiktirafan pembelajaran fleksibel. Secara keseluruhannya, hubungan dapatan kajian dengan dasar adalah kukuh dan saling menguatkan di antara aras strategi negara, keperluan wilayah, hinggalah intervensi di bilik kuliah dan bengkel.

4.3.5 Cadangan Penambahbaikan strategi pembangunan bidang

Berpandukan dapatan dan jurang yang dikenal pasti, strategi pembangunan bidang dicadangkan dalam bentuk intervensi bersepadu yang boleh dilaksanakan secara berfasa. Fasa pertama, pemodenan kandungan dan fasiliti latihan. Bagi teknologi pemesinan, pengintegrasian modul CNC 4 atau 5-*axis*, pengoptimuman *toolpath*, CAD/CAM lanjutan, metrologi digital dan pengenalan *additive manufacturing*. Bagi bidang elektronik komunikasi, modul komunikasi data dan pengujian, gentian optik, kawalan proses, asas RF atau 5G, *embedded systems* dan *automation testing* diperkukuhkan. Penyediaan *mini-cell* automasi serta peralatan pengujian terkini bersama penggunaan digital berkembar untuk simulasi proses dan pengesahan reka bentuk.

Fasa kedua, latihan industri berstruktur dengan petunjuk prestasi kompetensi. Perjanjian latihan industri berstruktur dibentuk bersama syarikat kluster Penang dan KHTP dengan hasil pembelajaran yang jelas, contohnya *fixture design* dan kawalan variasi proses (pemesinan), ESD control dan ujian RF asas (E&E). Penetapan indikator seperti jumlah jam praktikal, penguasaan tugasan kritikal, dan penyeliaan dari pihak industri ditetapkan.

Fasa ketiga, pensijilan mikro berasaskan kompetensi. Penawaran laluan *micro-credentials* modular yang boleh ditambah baik. Laluan ini menyokong pekerja dari industri atau alumni untuk *upskilling* atau *reskilling* tanpa mengganggu operasi. Fasa keempat, peningkatan kapasiti penyampaian. Pelaksanaan sangkutan pensyarah di syarikat rakan kolaborasi, *co-teaching* bersama jurutera industri bagi latihan industri berstruktur, dan projek penyelesaian masalah sebenar (*industry-led*).

Fasa kelima, tadbir urus dan pemantauan berasaskan data. Pembentukan Panel Penasihat Industri Serantau (PSP–PTSB–kluster Penang atau KHTP) bagi semakan kurikulum tahunan, penentuan *skills roadmap*, jaminan kualiti dan latihan industri berstruktur. Petunjuk prestasi dengan metrik dibangunkan dengan kadar penempatan latihan industri berstruktur dan kebolehpasaran 6 hingga 12 bulan, bilangan pensijilan mikro, skor kepuasan majikan, serta kadar penggunaan makmal atau peralatan.

Fasa keenam, pelaksanaan dan kelestarian. Kerjasama bersama HRD Corp, geran negeri atau agensi wilayah dan *matching grants* industri untuk menaik taraf fasiliti latihan dimanfaatkan. Modul kelestarian berbentuk kecekapan tenaga mesin, pengurusan sisa timah *solder*, reka bentuk untuk kebolehbaikan atau kitar semula agar selari SDG 12. Akses melalui laluan fleksibel, pusat satelit atau kelas hujung minggu dan pembelajaran teradun untuk audiens luar bandar, serta perkongsian merentas institusi-industri-agensi diperluaskan.

Secara ringkas, strategi di atas menyasar jurang yang dikenal pasti melalui praktikal lanjutan, literasi digital operasi, pematuhan piawaian dan pendedahan *hands-on* sambil mengekalkan kesepadanan rapat dengan dasar nasional dan serantau. Pelaksanaan bertahap dan pemantauan berasaskan KPI akan memastikan dua bidang ini kekal relevan, berimpak kepada industri, dan menyumbang kepada agenda pembangunan mampan wilayah Zon Utara.

4.4 Rumusan Dapatan

Secara keseluruhan, tahap penerimaan pemegang taruh terhadap kedua-dua bidang adalah tinggi. Jurang kemahiran utama melibatkan automasi, digitalisasi operasi, dan kemahiran masa depan seperti *additive manufacturing* serta 5G atau AIoT. Kerjasama industri melalui latihan industri berstruktur dan pensijilan mikro muncul sebagai pendekatan praktikal untuk menutup jurang dalam tempoh terdekat.

BAB 5: PERBINCANGAN

5.1 Pengenalan

Bab ini membincangkan dapatan kajian dengan memadankannya secara langsung kepada persoalan dan objektif yang dirumuskan dalam Bab 1. Perbincangan meliputi dua domain kritikal di Zon Utara, iaitu Teknologi Pemesinan di Pulau Pinang dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Kedah, dengan menggabungkan perspektif industri dan alumni. Hujah yang dibina menelusuri tahap penerimaan pemegang taruh, set kemahiran yang diperlukan, jurang yang wujud, intervensi yang dicadangkan serta penjajaran dapatan dengan dasar nasional dan serantau.

5.2 Penerimaan Pemegang Taruh terhadap Bidang Teknologi Pemesinan

Dapatan menunjukkan bahawa penerimaan pemegang taruh terhadap keperluan bidang Teknologi Pemesinan adalah tinggi dan konsisten merentas kategori responden. Industri di Perai, Bayan Lepas dan Batu Kawan menekankan keperluan berterusan terhadap komponen presisi, jig dan perkakas barisan pengeluaran yang menuntut toleransi ketat serta kebolehkesanan data kualiti. Keperluan ini semakin meningkat seiring pemodenan proses iaitu daripada operasi CNC asas kepada integrasi multi-axis, pengoptimuman *toolpath*, automasi sel pengeluaran dan pemantauan prestasi barisan berasaskan data. Alumni mengesahkan bahawa asas kemahiran yang diterima di institusi adalah memadai, namun menyarankan pendedahan yang lebih mendalam terhadap 4 atau 5-*axis*, *additive manufacturing* dan penggunaan analitik operasi seperti OEE serta SPC secara masa nyata. Secara keseluruhan, kedudukan geografi PSP yang berdekatan kluster pembuatan bernilai tinggi memperkukuh justifikasi keperluan bidang ini dan menjelaskan mengapa penerimaannya berada pada tahap yang tinggi dan positif.

5.3 Penerimaan Pemegang Taruh terhadap Bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi

Dalam domain Elektronik Komunikasi, respon industri di Kulim Hi-Tech Park (KHTP) menggambarkan keperluan yang sangat positif, khususnya bagi peranan yang melibatkan *gentian optik, peranti gelombang mikro, komunikasi data & testing*, sistem komunikasi digital dan asas radio frekuensi. Perluasan kapasiti sub-sektor semikonduktor serta peralihan kepada aplikasi 5G dan AIoT telah meningkatkan ambang kemahiran asas, termasuk keperluan terhadap amalan *cleanroom*, ESD, *traceability* dan *automation testing*. Alumni menilai kandungan asas adalah stabil tetapi menuntut lebih banyak pengalaman *hands-on* dengan peralatan ujian seperti *spectrum analyzer*, VNA dan platform *embedded*. Proksimiti PTSB kepada KHTP memudahkan pengaturan latihan industri yang lebih terarah dan memacu kemas kini kandungan latihan mengikut piawaian industri. Ini menjelaskan tahap penerimaan yang tinggi terhadap bidang Kejuruteraan Elektronik Komunikasi di Kedah.

5.4 Kemahiran Utama yang Diperlukan

Keperluan kemahiran yang dikenal pasti menonjolkan dua lapis kompetensi: kemahiran teras khusus bidang dan kemahiran rentas yang menyokong peralihan ke arah automasi serta pendigitalan. Bagi teknologi pemesinan, kemahiran teras merangkumi pengendalian CNC *multi-axis*, integrasi CAD/CAM, metrologi dan kefahaman *Geometric Dimensioning and Tolerancing* (GD&T); manakala kemahiran rentas meliputi automasi sel, penggunaan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan analitik data kualiti, QA atau QC digital (SPC, MSA), dan pengurusan penyenggaraan berkomputer. Bagi Elektronik Komunikasi, kemahiran teras tertumpu kepada *komunikasi data & testing*, kawalan proses *wafer fab*, *embedded systems* dan asas RF, komunikasi; manakala kemahiran rentas menuntut penguasaan *automation testing*, amalan ESD, *cleanroom*, penggunaan sistem *traceability* dan kesiapsiagaan terhadap AIoT serta pengkomputeran pinggir. Huraian ini menegaskan bahawa walaupun set kemahiran teras berbeza antara kedua-dua bidang, keupayaan mengendalikan proses automasi, menganalisis data dan bekerja dalam persekitaran digital merupakan keperluan bersama yang kian kritikal.

5.5 Jurang Kemahiran dan Puncanya

Jurang kemahiran yang dikenal pasti berpunca daripada kadar perkembangan teknologi di industri yang bergerak lebih pantas berbanding kitaran penambahbaikan dalam kurikulum dan kandungan latihan. Dalam pemesinan, jurang terlihat pada penguasaan aplikasi *multi-axis* dan *additive manufacturing* serta literasi digital operasi, misalnya penggunaan SPC masa nyata dan analitik OEE di barisan. Dalam Elektronik Komunikasi, jurang tertumpu pada pendedahan *hands-on* kepada peralatan ujian lanjutan, amalan *cleanroom* yang konsisten serta kompetensi *automation testing* untuk talian pengeluaran berkelajuan tinggi. Faktor lain termasuk keterhadapan akses kepada peralatan industri terkini di makmal dan kekangan masa latihan industri bagi mencapai penguasaan kemahiran tertinggi pada proses kritikal.

5.6 Intervensi yang Disarankan

Bagi menangani jurang, intervensi disaran dalam tiga teras yang saling melengkapi. Pertama, pemodenan kandungan dan fasiliti latihan melalui penyepaduan modul IR4.0 dan AIoT, pewujudan *mini-cell* CNC dengan *sensor* OEE, stesen *automation testing* dan platform metrologi digital serta *digital twin* untuk simulasi proses. Kedua, pengukuhan latihan industri berstruktur dengan hasil pembelajaran yang dipersetujui bersama industri, termasuk penetapan KPI kompetensi seperti pengoptimuman *toolpath*, mereka bentuk *fixture*, ujian asas RF, kawalan ESD dan dokumentasi teknikal. Ketiga, peluasan pensijilan mikro berasaskan kompetensi, misalnya CNC Multi-Axis Tahap 1 hingga 2, SPC atau QA Digital, IPC-A-610, ESD, *Cleanroom Operations* dan AIoT bagi pembuatan serta program sangkutan pensyarah ke industri dan *co-teaching* bersama jurutera industri. Pendekatan ini dirangka untuk memberi masa bagi penguasaan kompetensi yang lebih pantas, meningkatkan kesesuaian latihan dengan keperluan sebenar, dan mengurangkan masa penyesuaian apabila memasuki alam pekerjaan.

5.7 Penjajaran Dapatan dengan Dasar dan Implikasi kepada Zon Utara

Dapatan kajian berpadu rapat dengan hala tuju Industry4WRD dan NIMP 2030 yang menekankan automasi, digitalisasi dan peningkatan kompleksiti ekonomi dalam sektor E&E serta pembuatan berketepatan tinggi. MyDIGITAL dan JENDELA pula menyediakan prasarana digital serta kesiapsiagaan 5G yang menjadi pemangkin kepada aplikasi AIoT dan kilang pintar, terutamanya dalam rantaian nilai semikonduktor. Pada peringkat wilayah, kedudukan PSP yang strategik di kelilingi kawasan perindustrian Perai, Bayan Lepas dan Batu Kawan serta PTSB di KHTP mewujudkan sinergi rantaian nilai yang saling memperkukuh antaranya pemesinan berketepatan tinggi yang menyokong keperluan perkakas E&E, manakala permintaan toleransi tinggi dan *traceability* dalam E&E memacu peningkatan standard pemesinan. Kerangka TalentCorp melalui pemetaan peranan dan kompetensi sebagai contoh MyMAHIR atau MiSI 2.0 memberi panduan praktikal untuk penjajaran kemahiran, reka bentuk *micro-credentials* dan perancangan tenaga kerja serantau. Penjajaran ini turut menyumbang kepada pencapaian SDG utama iaitu SDG 4, 8, 9, 10, 12 dan 17, justeru memperkukuh pelaburan berterusan dalam pembangunan bakat di Zon Utara.

5.8 Pencapaian Objektif Kajian

Keseluruhan analisis menunjukkan bahawa semua objektif kajian telah dicapai. Tahap penerimaan terhadap kedua-dua bidang adalah tinggi; set kemahiran teras dan rentas telah dikenal pasti dengan jelas; jurang kemahiran serta puncanya telah dihuraikan; intervensi yang spesifik dan boleh dilaksanakan telah dirangka; dan penjajaran dapatan dengan dasar serta implikasi wilayah telah diperincikan. Ini menyediakan asas yang mantap untuk tindakan susulan oleh institusi, industri dan agensi berkaitan.

5.9 Batasan Kajian dan Cadangan Kajian Lanjutan

Dari sudut batasan, sampel kajian tertumpu kepada Pulau Pinang dan Kedah serta alumni dua institusi rujukan, justeru generalisasi ke luar wilayah perlu dibuat secara berhati-hati. Selain itu, sebahagian analisis bersifat deskriptif; kajian lanjutan boleh memanfaatkan analisis inferensi untuk mengenal pasti faktor penentu kebolehpasaran dan hasil kerjaya. Cadangan seterusnya termasuk peluasan sampel ke Perlis dan Perak Utara, kajian *tracer* terhadap impak latihan industri berstruktur, serta penilaian kesan (*impact evaluation*) pensijilan mikro terhadap produktiviti di tempat kerja.

5.10 Rumusan

Secara ringkas, perbincangan bab ini menegaskan bahawa Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi merupakan bidang kritikal yang saling melengkapi dalam ekosistem industri Zon Utara. Jurang kemahiran yang dikenal pasti adalah nyata tetapi boleh ditangani melalui pemodenan kandungan, pengukuhan latihan industri berstruktur dan peluasan pensijilan mikro yang disejajarkan dengan kerangka dasar nasional serta alat perancangan bakat. Pelaksanaan terarah terhadap intervensi ini dijangka meningkatkan kebolehpasaran tenaga kerja, memperkukuh daya saing industri dan menyumbang kepada agenda pembangunan mampan negara.

BAB 6: KESIMPULAN & CADANGAN

6.1 Pengenalan

Bab ini merumuskan keseluruhan dapatan kajian Analisis Keperluan Pasaran (MNA) bagi dua bidang kritikal di Zon Utara iaitu Teknologi Pemesinan dan Elektronik Komunikasi. Kesimpulan dibina berasaskan bukti yang diperoleh melalui soal selidik dan temu bual dengan pemegang taruh utama industri Pulau Pinang dan Kedah serta alumni berkaitan di samping penjajaran kepada dasar nasional dan rangka wilayah. Bab ini turut mengemukakan cadangan strategik serta rangka pelaksanaan dan pemantauan, bagi memastikan hasil kajian diterjemahkan kepada tindakan yang berimpak.

6.2 Rumusan Menyeluruh Dapatan

Analisis kajian mengesahkan bahawa kedua-dua bidang yang ditumpukan mempunyai tahap penerimaan yang tinggi dalam kalangan industri dan alumni. Di Pulau Pinang, keperluan kepada pemesinan berketepatan tinggi kekal mendesak, dipacu oleh rantaian bekalan komponen kejuruteraan dan teknologi bernilai tinggi dan keperluan toleransi ketat serta kebolehkesanan data kualiti. Di Kedah, ekosistem E&E berpusat di Kulim Hi-Tech Park memerlukan bakat yang mahir dalam komunikasi data dan *testing*, gentian optik, asas radio frekeuensi, komunikasi, *embedded systems*, serta amalan cleanroom atau ESD. Merentas kedua-dua bidang, tema automasi, pendigitalan operasi dan literasi data muncul sebagai keperluan rentas yang semakin kritikal bagi menyokong migrasi industri ke arah IR4.0.

6.3 Kesimpulan Mengikut Objektif Kajian

Sejajar dengan objektif yang ditetapkan, kajian ini:

1. Mengukur penerimaan pemegang taruh dan mendapati kedua-dua bidang diterima dengan kukuh, didorong keperluan rantaian bekalan dan peluasan kapasiti sektor E&E serantau.
2. Mengenal pasti set kemahiran utama yang diperlukan gabungan kemahiran teras khusus bidang (CNC, CAD/CAM, metrologi; PCB, wafer fab, RF/*embedded*) dan kemahiran rentas (automasi, analitik data, *traceability*).
3. Mengenal pasti jurang kemahiran dan punca keterhadapan akses kepada peralatan industri terkini, tempoh pendedahan praktikal yang terhad, serta keperluan pematuhan standard yang konsisten.
4. Mengemukakan intervensi yang jelas pemodenan kandungan berteras IR4.0/AIoT, latihan industri berstruktur dengan KPI kompetensi, pensijilan mikro berasaskan kompetensi, serta peningkatan kapasiti pensyarah melalui sangkutan industri dan *co-teaching*.
5. Menjajarkan dapatan dengan dasar Industry4WRD, NIMP 2030, MyDIGITAL/JENDELA dan perancangan wilayah NCER serta menyumbang kepada SDG 4, 8, 9, 10, 12 dan 17.

6.4 Impak Kajian kepada Pemegang Taruh

Kajian Analisis Keperluan Pasaran (MNA) ini memberi impak yang nyata kepada tiga kelompok pemegang taruh utama industri, politeknik dan JPPKK, serta kerajaan dengan menumpukan penjajaran kemahiran dalam bidang Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi kepada permintaan sebenar rantaian bekalan serantau. Bagi industri, dapatan menyediakan asas bukti untuk menyelaras kandungan latihan dengan keperluan pembuatan berketepatan tinggi, automasi dan komunikasi, sekali gus mengurangkan kos ketidakserasian kemahiran. Bagi politeknik dan JPPKK, hasil kajian memperkukuh amalan perancangan penawaran berasaskan data dan keperluan lokaliti, memperjelas identiti teknikal institusi serta menyokong pelaksanaan Pelan Strategik TVET Negara. Sementara itu, bagi kerajaan, penyelarasan ini menambah baik pelaksanaan dasar seperti RMK-13, Dasar TVET Negara, Industry4WRD dan NIMP 2030, di samping menyumbang kepada penurunan

pengangguran graduan, peningkatan produktiviti dan pemecutan pertumbuhan wilayah. Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan kemampuan politeknik untuk berfungsi sebagai teras ekosistem TVET yang menyokong agenda pembangunan inklusif dan mampan.

6.4.1 Impak kepada Industri

Bagi pihak industri, penyelarasan kandungan latihan dan laluan kemahiran dengan keperluan pemesinan berketepatan tinggi seperti pengendalian CNC multi-axis, integrasi CAD/CAM, metrologi digital, automasi sel pengeluaran serta QA dan QC berasaskan data serta keperluan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi seperti komunikasi data & testing, gentian optik, asas RF, 5G, *embedded systems*, *automation testing* dan amalan ESD memberikan beberapa manfaat kritikal. Pertama, ia mengurangkan kos dan masa penyesuaian pekerja baharu dengan mempercepat time-to-competence, sekali gus menurunkan masa henti dan risiko kualiti pada fasa awal pekerjaan. Kedua, ia mempercepat adaptasi IR4.0 di barisan pengeluaran melalui bekalan bakat yang celik data, mampu mentafsir metrik OEE, dan berupaya mengoptimumkan proses secara berterusan. Ketiga, ia menstabilkan rantaian bekalan wilayah PSP–Perai–Bayan Lepas–Batu Kawan dan PTSB–KHTP melalui pembentukan *pipeline* bakat setempat yang diperkukuh dengan latihan industri berstruktur serta hasil pembelajaran yang dipersetujui bersama industri. Keempat, ia mengurangkan kebergantungan kepada tenaga kerja asing dengan menyediakan bakat tempatan yang kompeten dan mudah diskalakan mengikut kitaran permintaan. Secara langsung, impak ini menyokong SDG 8 (kerja layak dan pertumbuhan ekonomi), SDG 9 (inovasi dan pemodenan industri), SDG 12 (amalan pengeluaran bertanggungjawab) dan SDG 17 (kerjasama industri–institusi).

6.4.2 Impak kepada Politeknik & JPPKK

Bagi institusi (PSP dan PTSB) serta JPPKK, dapatan kajian memperkukuh keupayaan perancangan penawaran berasaskan data yang meminimumkan pertindihan bidang dan memaksimumkan penggunaan fasiliti serta kepakaran sedia ada. Penemuan ini menjadi asas kepada pemurnian kurikulum berkala yang berpandukan kerangka pemetaan kemahiran

(contohnya, MyMAHIR/MiSI 2.0), diintegrasi dengan pensijilan mikro dan pelaksanaan latihan industri berstruktur yang mempunyai penanda aras kompetensi serta KPI yang jelas. Dalam masa yang sama, kapasiti pensyarah dipertingkat melalui program sangkutan industri, *co-teaching* bersama jurutera industri dan pelaksanaan projek penyelesaian masalah sebenar yang meningkatkan kesesuaian latihan dengan konteks operasi. Kesemua intervensi ini memperteguh identiti teknikal institusi selari dengan fokus bidang pemesinan berketepatan tinggi dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi serta menepati keperluan wilayah NCER. Kesan berganda pelaksanaan ini menyokong SDG 4 (pendidikan berkualiti dan relevan), SDG 9 (infrastruktur latihan moden), SDG 10 (akses inklusif melalui laluan fleksibel) dan SDG 17 (perkongsian strategik antara institusi, industri dan agensi).

6.4.3 Impak kepada Kerajaan

Bagi kerajaan Persekutuan dan Negeri, pelaksanaan tindakan susulan kajian ini mengukuhkan pelaksanaan dasar seperti RMK-13, Dasar TVET Negara, Industry4WRD, NIMP 2030 dan JENDELA melalui bekalan bakat yang tersasar kepada kluster keutamaan. Penjajaran penawaran kemahiran kepada peluang kerja sebenar di Pulau Pinang dan Kedah membantu mengurangkan pengangguran graduan serta mengoptimumkan pulangan pelaburan awam dalam TVET. Di samping itu, tumpuan place-based memperkasa pembangunan wilayah dan menarik pelaburan baharu melalui keyakinan pelabur terhadap pipeline bakat tempatan yang konsisten. Hasilnya, produktiviti dan daya saing nasional dipertingkat seiring peralihan ke ekonomi hijau dan digital, dengan manfaat rentas kementerian–agensi–industri direalisasikan melalui tadbir urus bersama. Implikasi dasar ini menyumbang kepada SDG 8 (pertumbuhan inklusif), SDG 9 (pemodenan industri), SDG 12 (kecekapan sumber) dan SDG 17 (penjajaran rentas pihak berkepentingan).

Secara keseluruhan, impak yang dihuraikan dalam subseksyen ini menutup kitaran logik kajian—daripada keperluan industri dan dapatan empirikal, kepada intervensi pendidikan yang disesuaikan, sehinggalah sokongan dasar dan hasil pembangunan wilayah—yang kesemuanya menegaskan peranan kritikal politeknik dalam memacu ekosistem bakat Zon Utara secara bersepadu, responsif dan mampan.

6.5 Batasan dan Cadangan Kajian Lanjutan

Kajian ini tertumpu pada sampel industri di Pulau Pinang dan Kedah serta alumni dua institusi rujukan iaitu PSP dan PTSB. Analisis kuantitatif yang digunakan adalah teras deskriptif; penyelidikan lanjutan wajar menerapkan analisis inferensi untuk mengenal pasti faktor penentu kebolehpasaran dan prestasi kerjaya, kajian *tracer* khusus latihan industri berstruktur terhadap hasil pekerjaan dan produktiviti, serta penilaian impak pensijilan mikro di tempat kerja. Peluasan skop ke Perlis dan Perak Utara juga akan meningkatkan keboleh bandingan wilayah dalam NCER itu sendiri.

Berdasarkan analisis dapatan kajian ini serta sokongan daripada laporan TalentCorp dan dokumen perancangan NCER, pembangunan bakat di Zon Utara tidak seharusnya terhad kepada dua bidang teras kajian sahaja, sebaliknya perancangan jangka sederhana dan panjang wajar mengambil kira bidang-bidang sokongan berimpak tinggi yang dikenal pasti sebagai pemacu daya saing industri dan pertumbuhan ekonomi wilayah. Bidang-bidang yang dicadangkan untuk kajian lanjutan ini bersifat pelengkap kepada ekosistem sedia ada serta menyokong aspirasi negara ke arah ekonomi berasaskan teknologi, digital dan mampan.

6.5.1 Automasi Industri dan Sistem Pintar

Transformasi industri ke arah pembuatan pintar meningkatkan keperluan terhadap tenaga kerja yang mahir dalam automasi industri dan integrasi sistem. Laporan TalentCorp menekankan peningkatan permintaan terhadap peranan berkaitan auutomasi perindustrian, sistem kawalan dan IoT industri, khususnya dalam kluster pembuatan di Pulau Pinang dan Kedah. Kemahiran utama dalam bidang ini merangkumi pengaturcaraan PLC, integrasi HMI dan SCADA, sistem *sensor* dan aktuator, serta asas AIoT untuk pemantauan dan pengoptimuman proses. Pembangunan bidang ini amat relevan sebagai sokongan langsung kepada Teknologi Pemesinan dan Elektronik Komunikasi, memandangkan automasi merupakan penghubung antara mesin, sistem kawalan dan rangkaian komunikasi industri.

6.5.2 Teknologi Penyelenggaraan Pintar dan Kebolehpercayaan Aset

NCER mengenal pasti penyelenggaraan berteknologi tinggi sebagai elemen kritikal dalam memastikan kesinambungan operasi industri. Keperluan industri kini beralih kepada penyelenggaraan berasaskan keadaan (condition-based) dan ramalan (predictive maintenance), sejajar dengan penggunaan data dan sistem digital. Bidang ini merangkumi kemahiran seperti analisis getaran, termografi, penggunaan sistem CMMS/E-maintenance, diagnostik kegagalan berasaskan data serta pematuhan keselamatan mesin. Zon Utara yang menempatkan fasiliti pengoperasian 24 jam seperti industri semikonduktor, utiliti dan loji proses memerlukan sokongan tenaga kerja yang kompeten dalam bidang ini.

6.5.3 Teknologi Tenaga dan Kelestarian Industri

Seiring agenda ekonomi hijau pula, TalentCorp dan NCER menekankan keperluan tenaga kerja dalam bidang tenaga mampan dan kecekapan tenaga. Zon perindustrian besar di Pulau Pinang dan Kedah memerlukan sokongan teknikal dalam audit tenaga, pemantauan penggunaan tenaga dan pelaksanaan sistem tenaga boleh baharu. Skop bidang ini merangkumi audit kecekapan tenaga, sistem solar PV industri, pengurusan tenaga pintar, serta amalan hijau dalam operasi kilang. Pembangunan bidang ini bukan sahaja menyokong kelestarian operasi industri, malah menyumbang kepada pematuhan ESG dan komitmen perubahan iklim negara.

6.5.4 Digitalisasi Industri dan Analitik Data Operasi

Laporan TalentCorp mengenal pasti literasi digital industri sebagai kemahiran rentas yang kritikal merentas sektor. Di Zon Utara, industri memerlukan tenaga kerja yang mampu mentafsir dan menggunakan data operasi bagi meningkatkan produktiviti dan kualiti. Bidang ini melibatkan kemahiran analitik data operasi seperti SPC, OEE, penggunaan MES, sistem *traceability*, visualisasi data serta asas keselamatan siber industri. Bidang ini berfungsi sebagai pemangkin

kepada pelaksanaan IR4.0 dan melengkapkan bidang pemesinan serta Kejuruteraan Elektronik Komunikasi dalam ekosistem digital industri.

6.5.5 Logistik Industri dan Rantaian Bekalan Pintar

NCER turut menekankan kepentingan kecekapan rantaian bekalan dalam menyokong Zon Utara sebagai hab eksport dan pembuatan. Pertumbuhan industri memerlukan tenaga kerja yang mahir dalam logistik berasaskan teknologi dan automasi. Bidang ini merangkumi sistem pengurusan gudang (WMS), automasi gudang, penggunaan AGV, pengurusan inventori pintar dan integrasi logistik–pengeluaran. Pembangunan bidang ini melengkapkan sektor pembuatan dan E&E dengan memastikan aliran bahan dan produk yang cekap, pantas dan berdaya saing.

6.6 Penutup

Secara keseluruhan, kajian ini membuktikan bahawa Teknologi Pemesinan dan Kejuruteraan Elektronik Komunikasi ialah bidang kritikal dan saling melengkapi dalam ekosistem industri Zon Utara. Intervensi yang dicadangkan iaitu pemodenan kandungan kurikulum, latihan industri berstruktur, pensijilan mikro dan tadbir urus industri yang mantap merupakan landasan praktikal yang penting untuk menutup jurang kemahiran dan mempercepat transformasi IR4.0/AIoT di industri.

Namun begitu, selain dua bidang teras kajian ini, pembangunan bakat Zon Utara wajar diperluas secara berperingkat kepada bidang automasi industri, penyelenggaraan pintar, teknologi tenaga hijau, digitalisasi industri dan logistik pintar. Bidang-bidang ini dikenal pasti oleh TalentCorp dan NCER sebagai keperluan strategik masa hadapan serta berpotensi tinggi untuk meningkatkan kebolehpasaran graduan, produktiviti industri dan daya saing ekonomi wilayah. Pendekatan pembangunan bidang yang bersepadu, berasaskan data dan berfokus wilayah ini akan mengukuhkan peranan institusi TVET sebagai rakan strategik industri serta menyokong agenda pembangunan negara yang inklusif dan mampan.

RUJUKAN

Department of Statistics Malaysia. (2024). External trade statistics, 2023–2024 (press releases and datasets). https://www.dosm.gov.my

Economic Planning Unit. (2021). Malaysia Digital Economy Blueprint (MyDIGITAL). https://ekonomi.gov.my/sites/default/files/2021-02/malaysia-digital-economy-blueprint.pdf

InvestPenang. (2024). Electrical & electronics – Manufacturing. https://investpenang.gov.my/electrical-electronics/

Kulim Technology Park Corporation. (2025). Kulim Hi-Tech Park – Leading Global Science City. https://www.khtp.com.my/

Malaysian Communications and Multimedia Commission. (2022). JENDELA Phase 1: Concluding report. https://myjendela.my/Sitejendela/media/Doc/JENDELA-Phase-1-Concluding-Report.pdf

Malaysian Investment Development Authority. (2023). Malaysia's electrical & electronics (E&E) industry. https://www.mida.gov.my/wp-content/uploads/2020/12/EE-SIB-2022-2023-1.pdf

MCMC. (2022). JENDELA phase 1: Concluding report. https://myjendela.my/Sitejendela/media/Doc/JENDELA-Phase-1-Concluding-Report.pdf

MIDA. (2023). Malaysia's electrical & electronics (E&E) industry. https://www.mida.gov.my/wp-content/uploads/2020/12/EE-SIB-2022-2023-1.pdf

Ministry of International Trade and Industry. (2018). Industry4WRD: National policy on Industry4.0. https://www.miti.gov.my/miti/resources/National%20Policy%20on%20Industry%204.0/Industry4WRD_Final.pdf

Ministry of Investment, Trade and Industry. (2023). New Industrial Master Plan 2030 (Summary). https://www.nimp2030.gov.my/nimp2030/modules_resources/bookshelf/NIMP_2030_Summary1/NIMP_2030_Summary1.pdf

MITI. (2018). Industry4WRD: National policy on Industry 4.0. https://www.miti.gov.my/miti/resources/National%20Policy%20on%20Industry%204.0/Industry4WRD_Final.pdf

MITI. (2023). New Industrial Master Plan 2030 (Summary). https://www.nimp2030.gov.my/nimp2030/modules_resources/bookshelf/NIMP_2030_Summary1/NIMP_2030_Summary1.pdf

NCIA. (2024). NCER strategic development plan. https://www.ncer.com.my/sites/default/files/node/report/files/2024-03/NCER_Strategic-Development-Plan_0.pdf

Northern Corridor Implementation Authority. (2024). NCER strategic development plan. https://www.ncer.com.my/

Penang 2030 (2019). A Family Focused Green and Smart State That Inspires the Nation.

Talent Corporation Malaysia. (2024). TalentCorp launches landmark study on workforce impact of AI, digitalisation and green economy. https://www.talentcorp.com.my/resources/press-releases/talentcorp-launches-landmark-study-on-workforce-impact-of-ai-digitalisation-and-green-economy/

Talent Corporation Malaysia. (2025). Impact study of artificial intelligence, digital, and green economy on the Malaysian workforce: Volume 2 – Energy and Power. https://www.talentcorp.com.my/images/uploads/publication/196/Impact-Study-of-Artificial-Intelligence-Digital-and-Green-Economy-on-the-Malaysian-Workforce-Volume-2-Energy-and-Power-1747879324.pdf

TalentCorp. (2024). TalentCorp launches landmark study on workforce impact of AI, digitalisation and green economy. https://www.talentcorp.com.my/resources/press-releases/talentcorp-launches-landmark-study-on-workforce-impact-of-ai-digitalisation-and-green-economy/

TalentCorp. (2025). Impact study of artificial intelligence, digital, and green economy on the Malaysian workforce: Volume 2 – Energy and Power. https://www.talentcorp.com.my/images/uploads/publication/196/Impact-Study-of-Artificial-Intelligence-Digital-and-Green-Economy-on-the-Malaysian-Workforce-Volume-2-Energy-and-Power-1747879324.pdf

LAMPIRAN

Lampiran A: Draf Soal Selidik (Ringkas)

A1. Tahap persetujuan bahawa kandungan latihan semasa memenuhi keperluan industri. (1–5)

A2. Keutamaan kemahiran teknikal (senarai ranking): CNC multi-axis / CAD/CAM lanjutan / Metrologi / Additive manufacturing / Automation cell.

A3. Keutamaan kemahiran elektronik komunikasi: komunikasi data/testing / Wafer fab / Embedded systems / RF basics / Automation testing.

A4. Cadangan LATIHAN INDUSTRI BERSTRUKTUR/latihan industri berstruktur.

A5. Cadangan pensijilan mikro yang diperlukan segera.

Lampiran B: Contoh Jadual Analisis Tema

Kod	Tema	Petikan Ringkas
K1	Automasi & Digitalisasi	"Kami perlu operator yang faham OEE & data barisan"
K2	Kemahiran Masa Hadapan	"AIoT akan jadi standard di kilang kami"
K3	LATIHAN INDUSTRI BERSTRUKTUR Berstruktur	"Latihan industri perlu KPIs yang jelas"

Lampiran C: Pemetaan Kemahiran ke Peranan (Contoh)

Peranan	Kemahiran Utama	Pensijilan Mikro Dicadang
Juruteknik CNC (Presisi)	CNC 4/5-axis, CAD/CAM, Metrologi	CNC Multi-axis Level 1–2; GD&T
Juruteknik QA Digital	SPC, MSA, Data Analytics	SPC Digital; MSA Practical
Juruteknik PCB Testing	IPC, ESD, Automation Testing	IPC-A-610; ESD Control
Juruteknik Wafer Fab	Cleanroom, Process Control	Cleanroom Ops; SPC for Fab

POLITEKNIK SEBERANG PERAI
JALAN PERMATANG PAUH
13500 PERMATANG PAUH
PULAU PINANG
http://www.psp.edu.my

eISBN 978-967-2774-90-7