

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Dunia sedang mengalami masa Revolusi Industri 4.0 (RI 4.0), yang didukung oleh teknologi baru seperti *Internet of Things* (IoT), *cloud computing*, *big data*, digitalisasi, dan robotika. Teknologi-teknologi ini telah memberikan pengaruh besar pada berbagai aspek masyarakat dan berdampak pada berbagai bidang. Perubahan teknologi tersebut memberikan dampak signifikan di berbagai bidang, seperti pendidikan, industri manufaktur, bisnis, ekonomi global, kebijakan moneter, dan bahkan di bidang kesehatan. Alam et al., (2020) mengungkapkan bahwa Revolusi Industri 4.0 telah memberikan pengaruh pada bidang pendidikan, sedangkan Afolalu et al. (2021) menunjukkan bahwa teknologi tersebut meningkatkan produktivitas industri manufaktur. Studi lain dilakukan oleh Bigerna et al. (2021) yang menunjukkan bahwa Revolusi Industri 4.0 masih berada pada tahap awal, dan eksploitasi potensi kebermanfaatannya merupakan tantangan menuju kemajuan industri masa depan. Teknologi *blockchain* dan inovasi teknologi menjadi pendorong utama di balik percepatan Revolusi Industri keempat dengan implikasi pada penerapan *artificial intelligence* dan *machine learning* (Su et al., 2020; Zhang et al., 2020; Mahmood & Mubarik, 2020; Poloz, 2021).

Karakter Pendidikan Tinggi Teknik Elektro di era Industri 4.0 mengalami perubahan yang cukup signifikan guna memenuhi tuntutan perkembangan teknologi dan industri, serta menciptakan peluang-peluang yang relatif baru. Keterlibatan integrasi teknologi digital seperti *Internet of Things*, *Artificial Intelligence*, *smart sensor*, dan komunikasi nirkabel menjadi tidak terhindarkan. Inovasi teknologi dikenal luas sebagai pemicu dan katalisator menuju keberlanjutan (Kristoffersen dkk., 2020) serta berpotensi mendorong sistem layanan yang diperlukan oleh industri (De Carolis et al., 2017; Sassanelli et al., 2022). Mahasiswa era Industri 4.0 menunjukkan beberapa ciri khas yang mencerminkan adaptasi mereka terhadap perubahan dan tuntutan, termasuk tuntutan kreativitas, inovasi, kolaborasi, adaptasi, dan analisis. Sejalan dengan

hal ini, penerapan pedagogik menjadi aspek integral yang bertujuan untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang efektif dan relevan melalui pendekatan strategi pengajaran yang memanfaatkan inovasi teknologi.

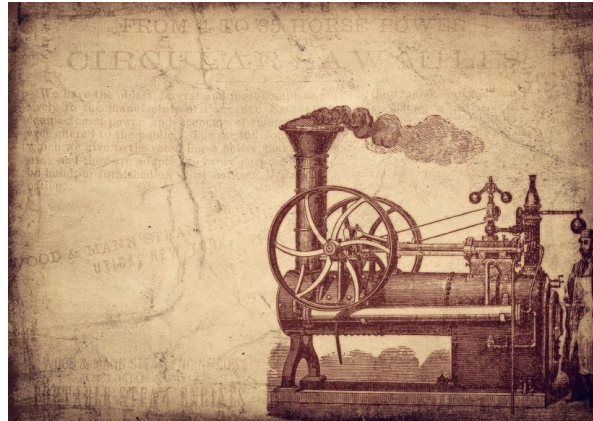
Penerapan konsep inovasi teknologi ini tentunya akan mempunyai konsekuensi lebih lanjut bagi Industri 4.0 yang tidak hanya membawa banyak solusi modern dan memfasilitasi proses produksi, namun juga memperkenalkan perubahan organisasi (Klimecka-Tatar et al., 2021). Untuk memperkenalkan perubahan tersebut, diperlukan manajemen yang tepat dan tenaga kerja yang tidak hanya terbuka terhadap perubahan tersebut, tetapi yang terpenting memiliki pengetahuan yang sesuai, yang akan membantu dalam implementasi teknologinya (Mazur, 2018).

Sayangnya, di pasar industri masih minim tenaga kerja yang memiliki pengetahuan luas dan kompetensi di bidang Industri 4.0, terutama di kota-kota kecil, hal ini terkait dengan perlunya mencari tenaga kerja yang tidak melibatkan masyarakat lokal, sehingga banyak industri yang mencari tenaga kerja dengan kompetensi seperti itu menghubungi komunitas akademis (Ingaldi et al., 2023). Itulah sebabnya banyak perguruan tinggi merancang kurikulum yang mempertimbangkan kebutuhan Industri 4.0.

Penyelenggara Pendidikan Tinggi di masa Revolusi Industri 4.0 menghadapi beberapa tantangan, di antaranya meningkatnya persaingan antara lulusan, permintaan kebutuhan industri yang sesuai dengan perkembangan Revolusi Industri 4.0, serta kompleksitas organisasi yang perlu diperbaharui (Treviño & García, 2023). AlMalki & Durugbo (2023) juga menyatakan bahwa lulusan Pendidikan Tinggi harus memiliki kreativitas, keterampilan, dan kemampuan yang sejalan dengan perkembangan teknologi, sehingga diperlukan inovasi dan strategi khusus untuk menyesuaikan kebutuhan industri di era Revolusi Industri 4.0. Oleh karena itu, untuk menghadapi tantangan tersebut diperlukan inovasi dalam kurikulum pendidikan yang dapat memenuhi kebutuhan Industri 4.0.

Sebelum memasuki era Revolusi Industri 4.0, tahap awal perkembangan industri dimulai pada awal abad ke-18, terlihat pada Gambar 1.1. Revolusi Industri pertama (industri 1.0) dikembangkan di Inggris dan ditandai oleh

peralihan dari produksi tangan ke mesin, serta penggunaan tenaga uap dan tenaga air. Teknologi tersebut digunakan untuk meningkatkan produktivitas manusia dalam sektor tekstil, industri besi, peralatan mesin, bahan kimia, semen, gas lighting, pembuatan kaca, pertanian, mesin kertas, transportasi, pertambangan, dan sektor lainnya (Wrigley, 2018; Vinitha et al., 2020).



Gambar 1.1 Ilustrasi RI 1.0 penggunaan mesin uap

Revolusi Industri fase kedua muncul pada akhir abad ke-19 diperlihatkan pada Gambar 1.2, ditandai dengan perkembangan peralatan mesin yang menggunakan teknologi baru. Dalam fase ini, penggunaan tenaga listrik, telepon, mesin pembakaran internal, jaringan kereta api, gas, telegraf, limbah, dan pasokan air mulai berkembang. Revolusi Industri 2.0 fokus pada sektor seperti besi, elektrifikasi, baja, rel, peralatan mesin, pembuatan kertas, kimia, minyak bumi, karet, teknologi maritim, sepeda, mobil, ilmu terapan pupuk, telekomunikasi, mesin, turbin, telekomunikasi, dan manajemen bisnis modern (Vinitha et al., 2020; Jull, 1999).



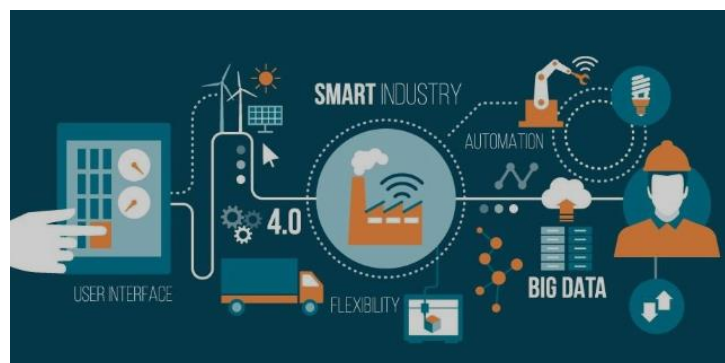
Gambar 1.2 Ilustrasi RI 2.0 penggunaan mesin untuk produksi massal

Perkembangan selanjutnya terjadi pada fase ketiga yaitu Revolusi Industri 3.0 yang muncul pada tahun 1970-an, dapat dilihat pada Gambar 1.3. Revolusi Industri 3.0 mendorong pertumbuhan yang luar biasa di bidang rekayasa melalui otomatisasi parsial menggunakan komputer dan industri otomasi yang dapat diimplementasikan pada bidang manufaktur, transportasi, operasi fasilitas, dan utilitas (Vinitha et al., 2020).



Gambar 1.3 Ilustrasi RI 3.0 rekayasa komputer dan otomatisasi

Sementara itu, Revolusi Industri 4.0 muncul pada fase keempat dengan mengembangkan sistem teknologi *cyber-physical* modern. Dalam Revolusi Industri 4.0, sistem tersebut mencakup *artificial intelligence*, robotika, 3D printing dan komunikasi nirkabel. Seluruh sistem terhubung, dikomunikasikan, dan diproses melalui teknologi *machine learning* dan teknologi *cloud computing* (Alaloul et al., 2019; Mahmood & Mubarik, 2020; Zunino et al., 2020) dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Ilustrasi RI 4.0 penerapan teknologi informasi dan komunikasi pada industri

Sedangkan di fase selanjutnya yang akan terus berkembang yaitu di era industri 5.0 di Gambar 1.5, sistem akan dirancang secara personalisasi untuk

memenuhi kebutuhan khusus. Teknologi ini akan terintegrasi menggunakan metode *mixed reality* yang menggabungkan realitas fisik dan virtual sehingga memberikan dampak baru dalam industri. Salah satu contoh pemanfaatan teknologi integrasi ini adalah kolaborasi manusia dan robot di tempat kerja, di mana drone akan digunakan secara efektif untuk transportasi otomatis (Vinitha et al., 2020).



Gambar 1.5 Ilustrasi RI 5.0 integrasi robotika

Sementara itu, kompilasi konsep mengenai transisi pendidikan tinggi dari Pendidikan 1.0 ke Pendidikan 4.0 yang relevan dengan paradigma industri saat ini dapat dilihat pada Gambar 1.6. Pada saat periode Pendidikan 1.0, sektor pendidikan mengalami perkembangan yang ditandai dengan mekanisasi sistem dan munculnya teknologi pendukung seperti mesin pembuat kertas, mesin cetak, pensil grafit, pulpen, dan mesin tik. Pada era Pendidikan 1.0, terdapat filosofi pendidikan yang didasarkan pada esensialisme, behaviorisme, dan instruktivisme yang menjadi perhatian utama. Siswa pada masa itu cenderung memiliki peran pasif, sedangkan guru dianggap sebagai sumber pengetahuan yang utama. Oleh karena itu, tugas guru sebagai pusat pendidikan adalah untuk menentukan dan mengajarkan informasi penting yang dibutuhkan oleh siswa.

Selanjutnya, perkembangan Pendidikan 2.0 bertepatan dengan Revolusi Industri kedua di awal abad ke-20, ditandai dengan produksi massal, industrialisasi, dan listrik. Pada periode ini, sumber informasi utama berasal dari perpustakaan. Kemajuan teknologi dalam Pendidikan 2.0 membawa kontribusi yang relevan untuk sektor ini, dan muncul perangkat elektronik pertama yang digunakan dalam pendidikan, seperti printer, kalkulator, dan komputer. Filosofi pendidikan pada periode ini terutama bersifat andragogis dan konstruktivis.

Peran guru berubah dari orang bijak menjadi referensi dan sumber informasi untuk membantu mengembangkan alat untuk penerapan profesional, dan peran siswa masih pasif, meskipun peran aktif siswa mulai muncul. Pada periode ini, muncul praktik-praktik seperti pendidikan korespondensi dan pendidikan penyiaran.

	Education 1.0	Education 2.0	Education 3.0	Education 4.0
Period	Late 18 th Century	Early 20 th Century	Late 20 th Century	Present
Philosophy	Essentialism, behaviorism, and instructivism	Andragogical, constructivist	Heutagogical, connectivist	Heutagogical, peeragogical and cybergogical
Educator role	Sage	Guide, information source	Orchestrator, curator and collaborator	Mentor, coach, collaborator, reference
Student role	Largely passive	Emerging active "owning of the knowledge"	Active, "Knowledge ownership", initial independence	Active, high independence, trajectory designer
Approach	Teacher-centered	Peer assessment encouraged, high teacher importance	Co-constructed, first student-centered	Mostly student-centered
Learning outcome	Grades, graduation degree	License to professional practicing	Prepared for practice and scenario analysis	Training of key competencies both soft and hard
Enablers	Mechanical printing, graphite pencil, ballpoint pen, typewriter	First computers, electronic devices and calculators	Computers and widespread use of the internet	ICTs tools and platforms powered by IoT
Information source	Standard texts	Adopted texts and open-source material (physical)	Texts, case studies, second hand experience	Based on online sources
Facilities	Universities / classrooms	Blended laboratories and classrooms	Blended and flexible physical shared spaces	Cyber and physical spaces both shared and individual
Industrial technology	Mechanical systems, steam powered	Mass production, industrialization and electricity	Internet access, automatization and control	Connectivity, digitalization and virtualization

Gambar 1.6 Transisi pendidikan era RI 1.0 sampai RI 4.0 (Miranda et al., 2021)

Pendidikan 3.0 muncul dalam revolusi industri ketiga pada akhir abad ke-20 dan terutama berputar di sekitar komputerisasi, otomatisasi, dan kontrol. Di era komunikasi ini, siswa dan guru memulai transisi mereka ke visi di mana mereka tidak perlu lagi berpartisipasi dalam sesi sinkron agar pembelajaran dapat terjadi. Proses belajar-mengajar didukung oleh berbagai sumber seperti multimedia, alat online, dan laboratorium virtual. Pendekatan belajar-mengajar ini lebih bersifat heutagogis dan connectivist. Setiap guru dianggap sebagai orkestra, kurator, dan kolaborator, dan siswa diberdayakan untuk membangun pengetahuan mereka.

Saat ini, revolusi industri keempat dan teknologi serta prosedur pedagogis inovatif dan praktik terbaik yang menjadi ciri periode ini terdiri dari apa yang dikenal sebagai Pendidikan 4.0. Di era Revolusi Industri 4.0, bermunculan peneliti-peneliti di bidang pendidikan, khususnya penelitian terkait kurikulum pendidikan. Misalnya penelitian yang dilakukan di Universitas Purdue Amerika Serikat. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kurikulum pendidikan tinggi teknik merupakan kumpulan mata kuliah yang terkait dengan berbagai sekolah dan departemen sehingga perlu dipetakan lanskap kurikulum untuk mengeksplorasi kontribusinya di bidang pendidikan (Shao et al., 2021). Menurut Cruz (2021), kurikulum pendidikan teknik memiliki peran sentral yang sering luput dari perhatian atau tidak dianalisis secara kritis oleh fakultas. Revolusi Industri 4.0 sedang memasuki tahap awal sehingga kondisi ini merupakan tantangan bagi generasi muda untuk mengeksploitasi semua manfaat potensinya di masa depan yang berkembang secara eksponensial (Bigerna et al., 2020; Ghobakhloo, 2019). Pendidikan tinggi teknik dapat mengambil peran untuk menjawab tantangan dengan menumbuhkan bakat inovatif dan sains di bidang teknologi.

Dalam era Revolusi Industri 4.0 saat ini, diperlukan metodologi pengajaran yang efisien di semua tingkatan terutama untuk pendidikan tinggi teknik, sehingga diperlukan model yang tepat untuk mengajarkan teknologi. Langkah awal untuk memperoleh model tersebut adalah dengan mengidentifikasi keterampilan yang diperlukan untuk seorang praktisi Industri 4.0 dan membuat model multikriteria guna mengidentifikasi strategi pengajaran yang tepat. Di China, telah dilakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas pendidikan tinggi teknik melalui tinjauan sistematis berdasarkan pada 207 proyek universitas unggulan dengan tujuan membangun skema konstruksi, pendidikan kolaboratif, dan pembinaan soft ability (Shen & Wu, 2020). Studi yang dilakukan di Taiwan mempelajari sikap belajar keterampilan mahasiswa dan kurikulum program pendidikan tinggi teknik terkait program pendidikan vokasi yang lebih banyak diminati oleh mahasiswa daripada program pendidikan umum (Wu, 2015). Studi lain membahas mengenai pendekatan inklusif dalam pengajaran etika di seluruh kurikulum, sehingga metode dan

pembelajaran pedagogis dapat direncanakan untuk merancang kerangka kurikulum pendidikan tinggi teknik (Kidd et al., 2020).

Dalam era Revolusi Industri 4.0, kemajuan teknologi yang cepat merupakan tonggak penting dalam memastikan kemakmuran nasional, yang mana pendidikan dan industri memainkan peran penting dalam mencapai tujuan ini (Alam et al., 2020). Pendidikan tinggi teknik menjadi bagian integral dari semua disiplin ilmu, dan untuk mencapai keterampilan dan kurikulum teknik yang komprehensif dalam pendidikan, dibutuhkan pengetahuan interdisipliner yang luas (Daley & Baruah, 2020; Moloney, 2010). Pada penelitian terdahulu, Muhson et al. (2012) dan Pabbajah et al. (2020) berpendapat bahwa pendidikan tinggi teknik mengalami perubahan yang signifikan di era Revolusi Industri 4.0, yaitu lebih berorientasi pada industri daripada akademisi. Sikap perguruan tinggi tersebut diakibatkan oleh reaksi kebijakan pemerintah terhadap perubahan yang ditimbulkan oleh Industri 4.0 (Ghufron, 2018; Rohman & Ningsih, 2018). Pada saat yang sama, kebijakan pemerintah mendorong mahasiswa untuk menjadi inovator, sehingga perguruan tinggi teknik dianggap sebagai penghasil lulusan yang siap bekerja dalam industri. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan memberikan pandangan kualitas moral dan kapasitas mahasiswa Teknik Elektro di Indonesia dalam menghadapi Industri 4.0.

Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa per Agustus 2022 jumlah tenaga kerja di Indonesia mencapai 143,72 juta orang, meningkat sebanyak 3,57 juta orang atau 2,55 dari Agustus 2021 (140,15 juta orang), dan meningkat sebesar 2,24 juta atau 1,62 persen dari Agustus 2020 (137,91 orang). Meskipun demikian, tenaga kerja tidak hanya terkait dengan jumlahnya saja, hal ini juga memerlukan integritas moral dan kemampuan dalam menghadapi perubahan industri yang sedang terjadi saat ini. Meskipun jumlah tenaga kerja terus meningkat, lembaga pendidikan tinggi di Indonesia belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan revolusi industri karena kurikulum yang hanya memperkenalkan karakteristik khusus siswa. Idealnya kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro di era Revolusi Industri 4.0 menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi kemahiran teknis tinggi, memahami dan mampu

menerapkan teknologi terkini seperti *artificial intelligence* dan *Internet of Things*, serta memiliki kemampuan pemrograman yang mendalam (Borah et al., 2021; Kabir et., 2023). Mereka diarahkan untuk dapat merancang dan mengimplementasikan sistem elektronik dan elektrik, termasuk dalam konteks analisis data dan solusi inovatif. Kemampuan kolaborasi dalam tim lintas disiplin ilmu, etika profesional, dan tanggung jawab sosial juga menjadi fokus selain keterampilan adaptasi, inovasi, dan kemampuan belajar mandiri. Namun realita di Indonesia tidak sesuai ekspektasi. Peninjauan atau evaluasi kurikulum pernah dilakukan sebelumnya oleh FORTEI (Forum Pendidikan Teknik Elektro Indonesia), namun belum menunjukkan hasil optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji atau meninjau kurikulum pada aspek relevansi dengan perkembangan teknologi terkini dan respons terhadap kebutuhan industri.

Dinamika hubungan antara perguruan tinggi dengan industri telah dikaji oleh beberapa peneliti di antaranya adalah Yorke & Knight (2006), Bektaş & Tayauova (2014), dan Antonelli et al. (2019), terutama terkait dengan jurang antara *outcome* pendidikan tinggi dan tuntutan kompetensi di industri. Beberapa pergeseran penting yang terjadi meliputi meningkatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat sehingga menyebabkan terjadinya berbagai perubahan mendasar dalam hal kualifikasi, kompetensi, dan persyaratan untuk memasuki dunia industri.

Digitalisasi saat ini sedang mengubah cara pengoperasian sektor manufaktur dan industri untuk meningkatkan produktivitas dan investasi. Perubahan ini akan berdampak pada cara lulusan teknik menjalankan tugas pekerjaan mereka. Penelitian yang dilakukan oleh Udugama et al. (2002) menyebutkan bahwa digitalisasi telah mempengaruhi lulusan teknik dan industri seiring berjalannya waktu. Para ahli mengidentifikasi bahwa lulusan teknik kemungkinan besar akan mendorong perkembangan digital, sehingga mereka perlu memiliki pemahaman yang tinggi terutama dalam bidang *big data* dan *Internet of Things*. Para ahli sepakat bahwa pemahaman yang tinggi dapat dicapai dengan menambahkan modul tambahan ke mata kuliah inti, sambil mengembangkan mata kuliah pilihan mandiri yang mencakup konsep yang lebih maju ke dalam kurikulum.

Kurikulum di Jerman telah menjadi pembahasan di tingkat pimpinan pendidikan, tentang bagaimana pentingnya peran pimpinan pendidikan tinggi dalam hal ini sebagai *stakeholder* terhadap pengembangan kurikulum. *Stakeholder* dapat melihat secara reflektif keinginan untuk mengembangkan sekolah dalam konteks kurikulum (Huber et al., 2017). Demikian juga dengan pemetaan *benchmarking* kurikulum lokal terhadap standar nasional. Penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa pemetaan tersebut menghasilkan data informatif yang memungkinkan optimalisasi kurikulum lokal terhadap standar nasional dengan cara mendeteksi kekuatan dan kelemahan sehingga menghasilkan peluang perbaikan terhadap pengembangan kurikulum berstandar nasional (Lammerding-Koeppel et al., 2018). Studi lain mengemukakan analisis keterampilan teknis melalui pendekatan pendidikan komunikasi di seluruh kurikulum pembelajaran (Pfluger et al., 2020). Kajian ini menggunakan pendekatan berbasis survei untuk mengumpulkan informasi terkait komunikasi teknis untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam pendidikan dan bertujuan memperbaiki kurikulumnya. Hasil kajian berhasil mengumpulkan informasi dan mengidentifikasi kesenjangan dan meningkatkan peluang perbaikan yang meliputi: (1) potensi realokasi dari tahun pertama ke tahun berikutnya; (2) program lintas mata kuliah dalam satu semester yang sama, atau lintas semester; (3) mengevaluasi kualitas pekerjaan di laboratorium, (4) menilai kualitas karya tulis, dan (5) dan menetapkan kurikulum di awal pembelajaran.

Studi implementasi dan evaluasi kurikulum berbasis kemahiran yang komprehensif untuk prosedur invasif tingkat lanjut dengan dukungan sumber daya pembimbing yang memadai telah dilakukan oleh Zevin et al. (2020) di Kanada. Studi tersebut merancang pembelajaran secara langsung melalui ceramah dan pembelajaran melalui simulasi. Evaluasi kemudian dilakukan selama delapan minggu menggunakan tes pengetahuan 25 item dan skala penilaian khusus prosedur. Persepsi peserta tentang kurikulum dinilai menggunakan kuesioner dan dicatat hasilnya. Hasil menunjukkan bahwa kurikulum berbasis kemahiran yang komprehensif untuk prosedur invasif berhasil diterapkan di kedua kelompok yang berbeda dengan dukungan sumber

daya manusia yang memadai di Pendidikan Tinggi tersebut. Dukungan sumber daya pengajar dan simulasi sangat bermanfaat untuk pengembangan kurikulum ke depannya.

Studi lain terkait pengembangan kurikulum mata kuliah yang mengintegrasikan pembelajaran melalui pendekatan transdisipliner dan konsep keberlanjutan dengan dinamika industri yang berfokus pada pembelajaran berbasis proyek atau *Problem Based Learning* (PBL) diteliti oleh Tasdemir & Gazo (2020). Selama 16 minggu, studi literatur dilakukan untuk melihat tren pendidikan global, inovasi pendidikan, dan perkembangan industri, kemudian dibandingkan dengan hasil survei yang terdiri dari 17 pertanyaan. Temuan dari penelitian ini kemudian dijadikan panduan untuk pengembangan mata kuliah antar disiplin di institusi pendidikan tinggi. Di Malaysia, pengembangan kurikulum dilakukan dengan menggunakan metode campuran yaitu menggabungkan observasi sistematis, stimulasi dan wawancara dengan pengajar (Hardman, & A-Rahman, 2014).

Di ranah pendidikan tinggi, kurikulum bidang pendidikan lebih dikembangkan ke arah internasionalisasi kurikulum karena jumlah mahasiswa internasional dan universitas internasional berkembang pesat. Internasionalisasi kurikulum mendorong staf akademik fakultas untuk mengembangkan kompetensi dengan menggunakan pendekatan fenomenologis, yaitu pengumpulan data yang dilakukan melalui wawancara tatap muka dengan staf akademik fakultas. Penelitian yang dilakukan Ohajionu (2021) bertujuan mengembangkan pengetahuan dalam desain dan implementasi kurikulum di pendidikan tinggi.

Di Afrika, terdapat strategi yang telah diulas untuk menyesuaikan perubahan kurikulum pendidikan tinggi teknik dan mengatasi tantangan tersebut sambil menyediakan sumber daya yang diharapkan akan tetap berguna untuk jangka waktu yang lebih lama (Nyoni & Botma, 2020; Gadde et al., 2020). Perbandingan kualitas kurikulum pendidikan antar negara sangat penting untuk mengantisipasi mobilitas siswa dan tenaga kerja antar negara yang bisa menjadi tantangan bagi dunia pendidikan. Di sisi lain, di Italia, kurikulum pendidikan tinggi teknik tidak terlepas dari pengaruh kolonialisme di masa

liberal pada akhir abad ke-19. Pengembangan kurikulum ini juga merupakan bagian dari rangkaian perubahan jangka panjang dalam sistem universitas Italia yang dimulai pada awal abad ke-20.

Kualitas pendidikan di era modernisasi dan globalisasi dapat ditingkatkan melalui pengembangan dan implementasi kurikulum yang tepat (Yang & Li, 2019). Kurikulum perlu terus beradaptasi baik pada tingkat kebijakan maupun praktik untuk menjaga dan meningkatkan kualitas program pendidikan (Albashiry et al., 2015; Walsh, 2016). Beberapa negara telah menyajikan kerangka kerja untuk membuat kurikulum sebagai alat untuk mengatur pendidikan (Westbury et al., 2016). Misalnya di Denmark, implementasi sistem pendukung proaktif membantu mengurangi kesulitan siswa dan melatih siswa dalam pendidikan teknik agar dapat menjadi tenaga kerja yang terampil di era revolusi industri (Servant-Miklos et al., 2020).

Kesenjangan yang sering muncul menyebabkan lulusan pendidikan tinggi teknik sulit mendapatkan pekerjaan di industri. Hal ini akan menghambat efektivitas kolaborasi antara industri dan akademi meskipun industri tumbuh pesat. Demikian juga halnya yang terjadi di Turki. Di Turki, permintaan akan lulusan pendidikan tinggi teknik yang berkualitas dari industri yang sedang tumbuh pesat menjadi prioritas bagi pendidikan tinggi. Terdapat peningkatan jumlah pendidikan tinggi yang menawarkan program pendidikan teknik yang terdaftar, tetapi perbedaan budaya, kebijakan, dan logika kelembagaan antara universitas dan industri telah menciptakan kesenjangan dalam menghadapi tekanan publik yang berbeda, seperti ekspektasi regulasi dan norma industri. Perbedaan ini mempengaruhi bagaimana Pendidikan tinggi dan industri membentuk dan mengelola hubungan kerjasama mereka (Peksatici & Ergun, 2019).

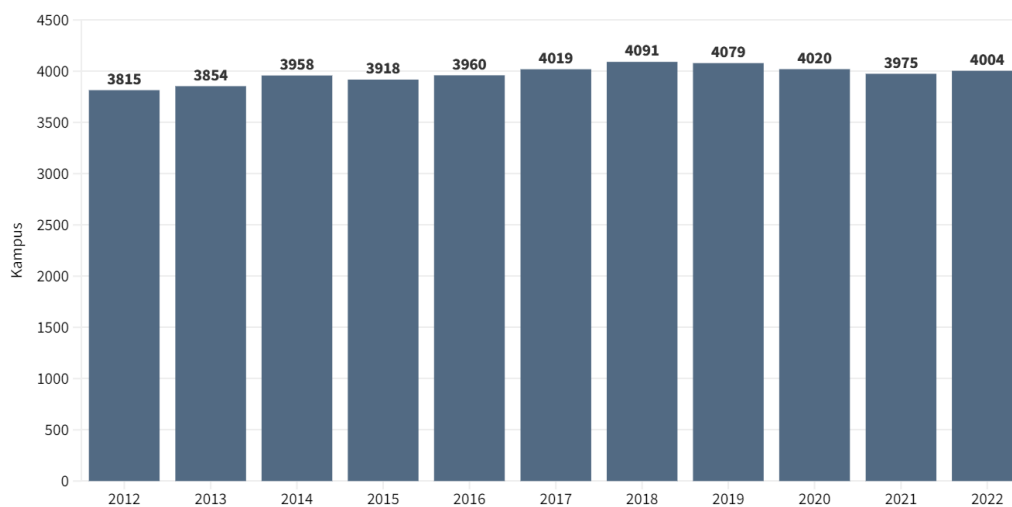
Laporan utama Organisasi Perburuhan Internasional atau *International Labor Organization* (ILO) tentang adanya kesenjangan-kesenjangan serta kondisi kemerosotan industri terutama disebabkan oleh ketegangan geopolitik yang muncul dan konflik Ukraina, pemulihan pandemi Covid-19 yang tidak merata, dan berlanjutnya hambatan dalam rantai pasokan global, mendorong kondisi stagflasi yang mengancam pasar industri (ILO, 2023). ILO juga

mencatat potensi dampak perubahan teknologi yang cepat akan mempengaruhi proses produksi dan pekerjaan. Gelombang perkembangan teknologi saat ini menawarkan peluang, namun juga memunculkan tantangan baru, di antaranya adalah kesenjangan antara sistem pendidikan dengan industri di Indonesia, yaitu lulusan yang dihasilkan perguruan tinggi tidak sesuai dengan yang dibutuhkan pasar industri. Ini terkait dengan adanya fakta efisiensi pemanfaatan tenaga kerja akibat inovasi teknologi.

Selain itu, dalam era Industri 4.0, mobilitas pekerja antar negara meningkat, mengakibatkan persaingan yang semakin intens berdasarkan kualifikasi dan kompetensi. Dampaknya adalah perlunya kesiapan dalam hal kualitas, profesionalisme, dan kompetensi untuk mengisi peluang kerja yang tersedia. Isu yang telah diuraikan di atas berkaitan dengan peluang kerja dalam era industri dari perspektif permintaan industri terhadap tenaga kerja. Sementara itu, dari segi pasokan mengalami keterbatasan terkait kualitas lulusan yang dihasilkan perguruan tinggi. Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah maupun pihak swasta untuk menghasilkan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas melalui pendirian Perguruan Tinggi (PT). Akan tetapi dibukanya Perguruan Tinggi baru di Indonesia secara massif tanpa diikuti dengan penyediaan sarana prasarana yang memadai dan hanya berorientasi profit saja akan menghasilkan jumlah lulusan yang terus meningkat tetapi kurang berkualitas. Padahal, tuntutan industri akan tenaga kerja terampil dan terdidik sebagai salah satu kunci pasar kerja global akan semakin kompleks.

Merujuk Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, ada 4.004 perguruan tinggi di Indonesia pada 2022, dapat dilihat pada Gambar 1.7. Jumlah tersebut meningkat 0,73% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 3.975 perguruan tinggi. Melihat trennya, jumlah perguruan tinggi di Indonesia berfluktuasi cenderung meningkat. Bila dilihat lebih rinci, sebanyak 3.107 perguruan tinggi berada di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) pada 2022. Sementara, 897 perguruan tinggi lainnya di bawah Kementerian Agama. Berdasarkan statusnya, Perguruan Tinggi Negeri (PTN) di Indonesia sebanyak 184 unit pada tahun 2021. Sedangkan, 3.820 kampus merupakan Perguruan Tinggi Swasta (PTS).

Adapun, Jawa Barat menjadi provinsi yang paling banyak memiliki perguruan tinggi pada 2022, yaitu 557 unit.



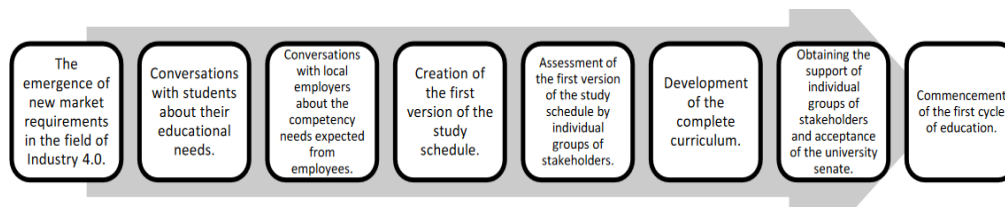
Gambar 1.7 Jumlah Perguruan Tinggi di Indonesia (2012-2022)

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2022)

Perguruan tinggi didirikan dengan tujuan menjadi pusat pendidikan yang mampu mencetak lulusan berkualitas dan memenuhi kebutuhan tenaga kerja di sektor industri dengan menawarkan program-program akademik yang komprehensif dan relevan. Perguruan tinggi juga mempersiapkan mahasiswa dengan pengetahuan mendalam dan keterampilan teknis, serta berkomitmen mendukung penelitian dan pengembangan inovatif guna memberikan kontribusi pada kemajuan ilmiah dan teknologi. Tuntutan industri mendorong kesiapan lulusan dengan persiapan, kualifikasi dan kompetensi yang tepat sesuai dengan kurikulum yang diusulkan akan menentukan arah pengembangan industri masa depan.

Kurikulum bidang Industri 4.0 disusun sebagai titik awal untuk menjalani proses transformasi Industri 4.0. Pasar tenaga kerja membutuhkan lulusan terdidik yang mampu menciptakan peta jalan transformasi untuk mencapai tujuan nasional. Faktor pemicu yang penting adalah perlunya memperoleh kompetensi baru bagi mahasiswa untuk memverifikasi pengetahuan yang diperoleh dalam praktik profesional sehari-harinya. Pengetahuan praktik profesional seperti itu yang memungkinkan mahasiswa memperdalam informasi di bidang metode yang lebih maju, misalnya

pengetahuan di bidang Industri 4.0 untuk menjamin mutu produksi di industri. Proses pengembangan program mutu dan produksi dapat dilihat pada Gambar 1.8



Gambar 1.8 Proses pengembangan program mutu dan produksi (Ingaldi, 2023)

Gambar 1.3 menjelaskan proses pengembangan program mutu hingga dimulainya siklus pembelajaran. Diawali dengan identifikasi kebutuhan industri, kebutuhan pendidikan, kompetensi yang diharapkan oleh industri, perancangan pembelajaran, asesmen pengambil kebijakan, pengembangan kurikulum hingga dukungan pengambil kebijakan dan senat lembaga pendidikan. Langkah-langkah tersebut perlu diambil untuk menciptakan lulusan yang memiliki kompetensi dan keterampilan yang sesuai dengan tuntutan industri, menjawab secara efektif perubahan teknologi dan dinamika industri, serta memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan daya saing dan inovasi di dalam sektor industri.

Berdasarkan latar belakang permasalahan sebagaimana dikemukakan di atas, maka kajian relevansi antara pendidikan tinggi dengan kebutuhan tenaga kerja di era Revolusi Industri 4.0 menjadi semakin penting. Salah satu literatur telah membahas mengenai identifikasi komunikasi teknis, yang merupakan *soft skill* penting untuk memasuki dunia kerja dan untuk mengurangi kesenjangan lulusan pendidikan tinggi teknik. Literatur lainnya membahas tentang konsep kurikulum pendidikan tinggi teknik. Selain itu, ada pembahasan tentang penerapan model kurikulum melalui pembelajaran mandiri, keterampilan berpikir kritis, dan kegiatan eksperimental multiguna yang dikembangkan menggunakan komponen industri. Hal ini diaplikasikan pada pengembangan kurikulum teknik bidang nanoteknologi, yang berkembang pesat pada penghematan energi, pasokan energi alternatif, penggunaan bahan baku yang efisien, perlindungan lingkungan, aplikasi pertanian, dan terobosan medis.

Pendidikan tinggi di bidang teknik pada era Industri 4.0 menunjukkan sifat interdisipliner. Dalam konteks ini, pendidikan tinggi di bidang teknik memiliki kekhasan interdisipliner dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip matematika, fisika, dan teknik komputer untuk memahami secara komprehensif tantangan teknis yang rumit yang muncul akibat perkembangan Revolusi Industri 4.0 dan dampaknya terhadap masa depan (Roy & Roy, 2021; Husin et al., 2022).

Namun, kesiapan penerapan kurikulum pendidikan teknik masih minim, terutama pada Pendidikan Tinggi Teknik Elektro. Belum ada penelitian tentang kesiapan penerapan kurikulum pendidikan tinggi yang dikembangkan untuk meningkatkan kolaborasi antara Industri 4.0 dan akademisi. Studi yang dilakukan oleh Pabbajah et al. (2019) merekomendasikan agar kurikulum pendidikan tinggi teknik harus dipertimbangkan lebih lanjut untuk lebih berorientasi pada revolusi industri. Beberapa studi lain seperti yang dilakukan oleh Baygin et al. (2016), Lele (2019), Mrugalska & Wyrwicka (2017), Roblek et al. (2016), dan Xu et al. (2018) juga menunjukkan bahwa orientasi lembaga pendidikan tinggi kurang optimal terhadap kebutuhan industri, sehingga menyarankan perlunya pertimbangan kurikulum pendidikan tinggi teknik lebih lanjut yang berorientasi pada revolusi industri. Oleh karena itu, sesuai dengan permasalahan di atas, kurikulum perlu ditinjau kembali. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk mengembangkan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro yang sesuai dengan kebutuhan industri pada era Revolusi Industri 4.0.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro disiapkan untuk pengembangan pendidikan di era Revolusi Industri 4.0? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, maka pertanyaan penelitian adalah:

1. Bagaimana pemetaan kebutuhan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro yang mengacu pada Industri 4.0 dalam perspektif global?
2. Bagaimana penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro yang mengacu pada Industri 4.0?

3. Bagaimana gambaran persepsi ahli kurikulum terhadap penerapan kurikulum Pendidikan Teknik Elektro guna penyesuaian kebutuhan industri sesuai perkembangan era Revolusi Industri 4.0

1.3 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini perlu adanya pembatasan masalah yang berfungsi untuk menitikberatkan peneliti dan supaya tidak keluar dari tujuan penelitian. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Subyek penelitian untuk mengidentifikasi penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro adalah Program Studi Teknik Elektro di Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (PTNBH) di Indonesia, khususnya PTNBH di Pulau Jawa.
2. Lingkup kurikulum yang dibahas pada penelitian adalah kurikulum yang mendukung kebutuhan industri yang melibatkan analisis integrasi teknologi dalam menghadapi tuntutan industri.
3. Analisis kurikulum fokus pada integrasi teknologi terkini era Industri 4.0 pada tingkat Pendidikan Tinggi Teknik Elektro.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi pemetaan kebutuhan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro berdasarkan kompetensi di era Revolusi Industri 4.0 dalam perspektif global
2. Mengkaji penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro yang mengacu pada kebutuhan kurikulum Industri 4.0
3. Menganalisis persepsi ahli kurikulum terhadap penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro sesuai perkembangan era Revolusi Industri 4.0

1.5 Novelty/Kebaruan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa novelty /kebaruan yaitu:

1. Sebagai kajian identifikasi penyesuaian kurikulum adaptif Pendidikan Tinggi Teknik Elektro terhadap kebutuhan industri melalui teknik triangulasi, dengan menggabungkan studi literatur, wawancara dan observasi yang melibatkan ahli kurikulum.
2. Menggali perbandingan mendalam terkait desain kurikulum, fokus pembelajaran, dan metode evaluasi melalui pendekatan lintas budaya dalam kajian kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro antara Pendidikan Tinggi di Indonesia dan Jepang.
3. Sebagai rujukan pembentukan karakter mahasiswa Teknik Elektro yang kritis, evaluatif dan adaptif mengikuti perkembangan teknologi Industri 4.0 dengan penekanan pada peningkatan keterampilan *soft skill* untuk membekali mahasiswa teknik elektro sebagai langkah awal merespon bentuk adaptasi pra kerja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berperan sebagai pedoman bagi penulis untuk membuat tulisan lebih sistematis dan terarah menuju tujuan yang hendak dicapai. Sistematika penulisan disertasi ini adalah sebagai berikut:

- Bab I Berupa pendahuluan meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah dan pertanyaan penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, novelty/kebaruan penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II Berupa kajian pustaka yang berkaitan dengan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro, revolusi industri dan kesiapan teknologi.
- Bab III Berupa metodologi penelitian yang berkaitan dengan identifikasi penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro.
- Bab IV Menyajikan hasil dan pembahasan penelitian yang berkaitan dengan identifikasi penerapan kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro.
- Bab V Menyajikan kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi penelitian yang berkaitan dengan identifikasi kurikulum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro.