

Model Kinerja Kewirausahaan di Industri 4.0: Kompetensi Inti dan Transformasi Digital

Reka Ardian Purnama¹, Asep Achmad Rifai ², Irman Firmansyah³, Raden Rijanto⁴
^{1,2,3} *Jursan Manajemen STIE Pasim Sukabumi*, ⁴ *Jurusan Akuntansi STIE Pasim Sukabumi*

Abstrak

Industri 4.0 (I4.0) berkembang secara eksponensial sekaligus mendasari terjadinya Revolusi Industri keempat dan transformasi digital. Memadainya keterampilan baru, kompetensi inti, perilaku adaptif dan inovatif untuk menemukan dan mempraktikkan model bisnis baru menjadi faktor penting yang mendukung keberlangsungan bisnis dan kewirausahaan untuk bertahan dan berkembang di I4.0. Penelitian ini mendeskripsikan perkembangan I4.0 yang menuntut respon cepat, model dan proses bisnis terus terbarukan, kompetensi memadai dalam praktik transformasi digital yang terarah untuk menemukan model kinerja kewirausahaan yang unggul berkelanjutan. Pendekatan deskriptif kualitatif dipilih dengan *library research* dan *content analysis* beberapa literature relevan. Temuan menunjukkan bahwa keberhasilan model kinerja kewirausahaan di I4.0 difasilitasi oleh kompetensi inti dan praktik transformasi digital. Tahapan untuk menemukan model kinerja kewirausahaan di I4.0, deskripsi model dan simpulan diuraikan pada penelitian ini.

Kata Kunci: *I4.0; model kinerja kewirausahaan; kompetensi inti; transformasi digital.*

Abstract

Industry 4.0 (I4.0) is growing exponentially while underpinning the fourth Industrial Revolution and digital transformation. The adequacy of new skills, core competencies, adaptive and innovative behaviors to discover and practice new business models is an important factor that supports business continuity and entrepreneurship to survive and thrive in I4.0. This study describes the development of I4.0 which demands rapid response, business models and processes are constantly updated, adequate competence in directed digital transformation practices to find sustainable superior entrepreneurial performance models. A qualitative descriptive approach was chosen with *a library of research* and *content analysis* of some relevant literature. The findings suggest that the success of the entrepreneurial performance model in I4.0 is facilitated by core competencies and digital transformation practices. The stages for finding an entrepreneurial performance model in I4.0, model description and conclusions are outlined in this study.

Keywords: *I4.0; entrepreneurial performance model; core competencies; digital transformation.*

Copyright (c) 2022 Asep Achamd Rifai

 Corresponding author :
Email Address : aseprifai1975@gmail.com

PENDAHULUAN

Menjelang abad ke-21, Industri 4.0 (I4.0) berkembang secara eksponensial sekaligus mendasari terjadinya Revolusi Industri keempat (IR4.0) dan transformasi digital. Transformasi digital adalah penggunaan teknologi digital (Negroponte, 1995;

Morze & Strutyńska, 2021), untuk secara mendasar meningkatkan produktivitas dan nilai perusahaan (Westerman et al., 2014). Revolusi dan digitalisasi yang dibutuhkan oleh I4.0, menarik perhatian para industrialis dan pemerintah di seluruh dunia (Nascimento et al., 2019). Karena, peluang yang ditawarkannya namun pada saat yang sama menghadirkan tantangan besar penuh dengan ketidakpastian harus mampu dilalui setiap pelaku ekonomi untuk menjadi pemenang di era ini (Müller et al., 2018). Revolusi digital mengubah cara individu hidup dan bekerja secara fundamental, dan publik tetap optimis mengenai peluang yang ditawarkan Industri 4.0 (Ghobakhloo, 2020), untuk tetap survive dan inovatif ditengah masifnya perubahan ini (Firmansyah et al., 2021). Respons lebih cepat sangat dimungkinkan untuk memenuhi kebutuhan maket, *stakeholders*, dan lingkungan guna memenangkan persaingan di I4.0 (Agolla, 2018). Aktor ekonomi dan bisnis yang bertahan dan berkembang, adalah mereka yang memiliki keterampilan baru, perilaku adaptif dan inovatif untuk menemukan dan mempraktikan model bisnis yang relevan dengan berbagai perubahan lingkungan global (Saepuloh et al., 2022; Wahdiniwati et al., 2022).

Di dalam konteks kewirausahaan, kemampuan mengembangkan kebutuhan untuk mengubah dan menciptakan model bisnis baru menjadi paryaratuan keunggulan diantara pesaing (Dobrowolska & Knop, 2020), dengan meningkatkan fleksibilitas, kecepatan, produktivitas, dan kualitas proses produksi, dan meletakkan dasar untuk penerapan model bisnis baru, proses produksi, dan inovasi lainnya (Simic & Nedelko, 2019). Kompetensi memadai yang sejatinya menjadi *creator* dan *innovator* dalam jiwa kewirausahaan melengkapi modal sosial yang diperlukan secara internal (Firmansyah, Rifa'i, et al., 2022), untuk mendukung praktik bisnis dengan model dan strategi baru yang adaptif memainkan peran penting dalam perubahan seiring dengan tuntutan pentingnya keberanian dan kemampuan melakukan transformasi digital (Firmansyah & Saepuloh, 2022). Tafsir kompetensi secara sederhana didefinisikan sebagai disposisi dalam pengetahuan, keterampilan, dan pendekatan yang memungkinkan untuk melaksanakan tugas-tugas profesional pada tingkat yang tepat (Filipowicz, 2011). Kompetensi kewirausahaan adalah kemampuan untuk menerapkan seperangkat pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan terkait untuk berhasil melakukan fungsi atau tugas dalam pengaturan kerja, organisasi yang ditentukan sehingga pada gilirannya membawa hasil yang diinginkan (Arafeh, 2016). Sementara Hisrich et al., (2011) menyebutkan bahwa wirausahawan adalah seseorang yang mengembangkan rencana bisnis, memperoleh sumber daya manusia, keuangan, dan lainnya yang diperlukan, dan bertanggung jawab atas keberhasilan atau kegagalannya.

Wirausahawan yang terus belajar dan mengembangkan keterampilan manajemen diri, pemantauan diri, dan literasi digital, memungkinkan mereka memiliki lebih banyak kesempatan untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman kewirausahaan dalam proses pengembangan kewirausahaan sehingga memiliki kinerja yang lebih baik (Tseng, 2013; Firmansyah, 2022a). Persyaratan kualifikasi dan keragaman keterampilan pelaku usaha dan sumber daya manusia (SDM) kewirausahaan akan lebih tinggi daripada saat ini sesuai dengan tantangan yang telah teridentifikasi, karena praktik usaha akan menggunakan teknologi baru dan media pintar (Kinkel et al., 2017). Keberhasilan atau kegagalan sebagian besar suatu usaha di berbagai skala ukuran organisasi dalam upaya mencapai kinerja usaha yang diinginkan sangat bergantung pada bagaimana kompetensi SDM pelaku

usaha dan cara mereka mengelola berbagai sumber daya yang ada, karena praktik transformasi digital menyediakan ruang tanpa batas (Firmansyah, Suryana, et al., 2022), di mana interaksi pelaku usaha, karyawan dan pengelola, mitra bisnis, pemasaran dan transaksi dengan pelanggan terintegrasi dalam ekosistem digital menjadi hal yang biasa di I4.0. Kompetensi kewirausahaan dan kemampuan transformasi digital bisnis di I4.0 dipandang penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan kesuksesan sehingga usaha yang dijalankan mampu beroperasi dalam kerangka model kinerja kewirausahaan yang lebih baik selaras dengan perilaku adaptasi dan praktik inovasi model dan proses bisnis yang diperlukannya.

Adapun kajian relevan terdahulu yang mengangkat isu kinerja kewirausahaan, kompetensi dan transformasi digital di Industri 4.0, misalnya, Mitchelmore & Rowley (2010), menemukan bahwa kompetensi inti kewirausahaan yang dikembangkan secara ketat dalam praktiknya memiliki hubungan signifikan dengan kinerja kewirausahaan dan kesuksesan bisnis. Penelitian Firmansyah & Rifa'i (2022), kajiannya mengidentifikasi dan mengeksplorasi kompetensi inti SDM kewirausahaan di I4.0 dan masa depan yang berpotensi dibutuhkan untuk menciptakan keunggulan daya saing dan kesuksesan usaha. Temuannya menunjukkan bahwa adanya variasi keterampilan yang dimiliki sebagai kompetensi kewirausahaan dan pelaku usaha yang mampu menjawab tantangan lingkungan secara makro berpotensi mampu menciptakan keunggulan dan kesuksesan usaha berkelanjutan saat ini maupun masa yang akan datang. Sementara hasil penelitian Wu et al., (2021), menunjukkan bahwa kemampuan transformasi digital memediasi hubungan kepemimpinan kewirausahaan dengan kinerja organisasi. Firmansyah & Saepuloh (2022), menemukan bahwa adopsi teknologi dan praktik transformasi digital memiliki dampak positif terhadap kemampuan organisasi dalam menciptakan daya saing dan kinerja usaha di era ekonomi digital, dimana literasi digital dan kapabilitas inovasi memainkan peran penting dalam praktiknya. Wahdiniwaty, Firmansyah, Suryana, et al., (2022), menemukan bahwa kemampuan *branding*, digitalisasi bisnis, dan pemasaran digital serta memberikan layanan tinggi sebagai bagian dari praktik transformasi digital bisnis konteks UMKM dengan menggunakan berbagai *social media* dan *marketplace* organik mampu menciptakan daya tahan, UMKM bangkit dan naik kelas serta memiliki kinerja usaha yang cukup kuat di era pasca Covid-19, dibuktikan dengan produktivitas dan adanya peningkatan penjualan. Saepuloh et al., (2020), juga menemukan bahwa kinerja usaha yang ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan penjualan dipengaruhi oleh faktor kualitas produk/layanan tinggi, orientasi pelanggan dan kepuasan yang berakhir pada terciptanya loyalitas pelanggan yang tak tergoyahkan dari bujukan pesaing, dimana performa faktor tersebut tidak terlepas dari peran SDM kewirausahaan, pelaku usaha dan karyawan. Keberhasilan dalam praktik usaha yang demikian, sekaligus menunjukkan kompetensi memadai dari pelaku usaha/kewirausahaan memainkan sangat dibutuhkan untuk mendukung keberhasilan usaha yang memiliki kinerja kewirausahaan yang tangguh di I4.0.

Beberapa kajian terdahulu yang telah diuraikan menunjukkan relevansinya berhubungan dengan konten, isu dan topik yang diangkat pada penelitian ini. Penelitian ini sebagai kajian yang secara utuh mengangkat isu mengenai kompetensi inti dan kewirausahaan serta model kewirausahaan di I4.0 menjadi pembeda dengan penelitian-penelitian terdahulu, sekaligus dijadikan sebagai suatu kebaruan yang

ditawarkan penelitian ini. Oleh karenanya, gagasan awal bahwa kompetensi inti dan transformasi digital menuju kinerja kewirausahaan yang lebih baik berkelanjutan dapat dinyatakan dalam kesiapan setiap individu dengan seperangkat keterampilan yang memadai berhubungan dengan pencapaian tujuan dan keberlangsungan usahanya.

Kajian ini mendeskripsikan perkembangan I4.0 yang menuntut respon cepat, model dan proses bisnis terus terbarukan, kompetensi memadai dalam praktik transformasi digital yang terarah untuk menemukan model kinerja kewirausahaan yang unggul berkelanjutan. Kontribusi teoretis dan kesenjangan empiris sebagai sumber utama yang menjadi titik awal kajian ini, juga berpotensi dipertimbangkan untuk penembangan selanjutnya tentang kompetensi inti, transformasi digital dan model kewirausahaan di Industri 4.0. Deskripsi dan uraian mengenai kompetensi inti, transformasi digital dan model kewirausahaan yang disajikan atas dasar temuan dari kajian ini, diharapkan berguna, memberikan luaran yang bermanfaat bagi pihak yang bekepentingan dalam mencari dan menemukan strategi, perencanaan dan pengambilan keputusan, inovasi dalam praktik model dan proses bisnis yang memungkinkan terus terbarukan sehingga dapat menjamin kelangsungan hidup kewirausahaan/perusahaan di I4.0 dan era ekonomi digital yang sedang berlangsung.

METODOLOGI

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deksriptif kualitatif, dilakukan melalui penelitian *library research* dan *content analysis* yang merujuk pada literatur-literatur relevan yang dapat dijadikan referensi sebagai fungsi landasan teori tentang isu-isu penting di I4.0, kompetensi inti SDM kewirausahaan yang mungkin dibutuhkan praktik transformasi digital guna menemukan model kinerja kewirausahaan di I4.0. Oleh karena itu, sumber data yang digunakan pada studi kepustakaan adalah sumber data sekunder (Firmansyah, 2022b). Untuk dapat menemukan model kinerja kewirausahaan di I4.0 pada penelitian ini dilakukan identifikasi dan analisis beberapa tahap. *Pertama*, mendefinisikan industri 4.0 dan menguraikan komponen utamanya; *kedua*, identifikasi peluang dan tantangan potensial I4.0 dilengkapi dengan menyajikan ringkasannya; *ketiga*, identifikasi dan analisis tantangan lingkungan makro dilengkapi dengan ringkasan kompetensi inti yang teridentifikasi; *keempat* membangun dan mendeskripsikan model kinerja kewirausahaan I4.0; dan kelima simpulan serta rekomendasi. Sederhananya, bahwa kelima tahapan tersebut menunjukkan dasar metodologi penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Industri 4.0, Komponen Utama, Peluang dan Tantangan, serta Lingkungan Makro

Sepanjang perjalanannya lingkungan industri global terus berkembang dan telah melalui empat fase revolusi industri. Menurut Lukač (2015), revolusi industri pertama dimulai pada akhir abad ke-18 dan diwakili oleh pabrik produksi mekanis yang berbasis air dan tenaga uap; yang kedua dimulai pada awal abad ke-20 dengan simbol produksi tenaga kerja massal berdasarkan energi listrik; yang ketiga dimulai tahun 1970-an dengan ciri produksi otomatis berbasis elektronik dan teknologi internet; dan yang keempat yaitu Industri 4.0, sedang berlangsung, dengan

karakteristik produksi *cyber physical system* (CPS). Juga berdasarkan integrasi data dan pengetahuan yang heterogen (Lu, 2017).

Secara konsisten, dampak keberlanjutan Industri 4.0 mendapat perhatian penuh dari akademisi mengingat revolusi industri sebelumnya menghasilkan perubahan *ekonomi, lingkungan, dan sosial* yang dramatis, *sexy* dan agak tidak terduga. Meskipun masih dalam perjalanan dan menimbulkan banyak konsekuensi. Keberlanjutan ini sangat diperlukan karena alasan sederhana; Ekosistem bumi dan kualitas kehidupan umat manusia yang diinginkan tidak dapat dipertahankan tanpa manusia merangkul keberlanjutan perubahan dan perkembangan yang terjadi (Ghobakhloo, 2020). Dampak ekonomi dari revolusi industri ini seharusnya sangat besar, karena Industri 4.0 menjanjikan peningkatan efektivitas operasional secara substansial dan pengembangan model bisnis, layanan, dan produk yang sama sekali baru (Hermann et al., 2015).

Awalnya dimulai di Jerman, Industri 4.0, revolusi industri keempat, telah menarik banyak perhatian dalam literatur terbaru. Perkembangan dan keberlanjutan Industri 4.0 saat ini menjadi isu utama bagi banyak perusahaan, pusat penelitian, dan universitas, tetapi tidak ada definisi yang diterima secara umum. Sejalan dengan temuan sebelumnya, para ahli telah mencoba mendefinisikan Industri 4.0 dari berbagai perspektif. Brettel et al., (2017), menjelaskan bagaimana industri telah menyesuaikan strategi produksi mereka dengan berkonsentrasi pada produk yang disesuaikan dan waktu yang cepat ke pasar. Namun Posada et al., (2015), menunjukkan tinjauan komprehensif tentang teknologi baru dan menjelaskan bahwa komputasi visual dapat dilihat sebagai komponen kunci dari Industri 4.0. Di sisi lain, Henning et al., (2013), mendefinisikan Industri 4.0 sebagai “tingkat baru organisasi dan manajemen rantai nilai di seluruh siklus hidup produk.” Faktanya, konsep Industri 4.0 menggambarkan peningkatan digitalisasi seluruh rantai nilai dan menghasilkan interkoneksi orang, objek, dan sistem melalui pertukaran data waktu nyata. Oleh karena itu, hasil dari interkoneksi tersebut, produk, mesin, dan proses dilengkapi dengan kecerdasan buatan dan dapat beradaptasi dengan perubahan spontan lingkungan secara mandiri (Hecklau et al., 2016; Firmansyah & Rifa'i, 2022).

Sementara Yin & Kaynak (2015), menganalisis bahwa sistem cerdas dan data yang dihasilkannya memiliki peran penting pada tingkat *kinerja perusahaan*, efisiensi biaya dan kualitas serta proses bebas kesalahan. Selain itu, perlu dikembangkan kapasitas data dan statistik negara-negara untuk bersiap menghadapi perkembangan teknologi dan Industri 4.0. Sommer (2015), juga mencatat bahwa yang penting adalah meningkatkan kesadaran Industri 4.0 dan dimensinya untuk meningkatkan *daya saing dan kinerja perusahaan-perusahaan* yang berada di sub-sub wilayah suatu negara untuk mendorong pertumbuhan perekonomian nasional.

Komponen Utama

Beberapa penelitian terdahulu berkontribusi pada bidang penelitian ini, dan untuk melengkapinya dirujuk hasil studi Hermann et al., (2015), berdasarkan temuan dari tinjauan literaturnya menyebutkan *empat komponen utama* Industri 4.0: (1) *Internet of things* (IoT) istilah kolektif untuk teknologi dan konsep organisasi rantai nilai; (2) *Sistem cyber-fisik* (CPS) di dalam *Smart Factories* Industri 4.0 berstruktur modular, CPS memantau proses fisik, membuat salinan virtual dari dunia fisik, dan membuat keputusan terdesentralisasi; (3) *Internet of services* (IoS), melalui IoS bahwa

layanan internal dan lintas organisasi ditawarkan dan dimanfaatkan oleh peserta rantai nilai; dan (4) *Smart factory*, melalui IoT, CPS berkomunikasi dan bekerja sama satu sama lain dan manusia secara *real time*. Temuan tersebut sejalan dengan Kagermann et al., (2011), yang memandang *big data* dan *cloud computing* sebagai layanan data yang memanfaatkan data yang dihasilkan dalam implementasi Industri 4.0, tetapi bukan sebagai komponen Industri 4.0 yang independen.

Peluang

Perkembangan I4.0 berkontribusi terhadap perubahan berbagai aspek kehidupan seiring dengan proses perubahannya, tidak hanya dipandang dari aspek teknologi. Kovacs (2018), menyebutkan keberhasilan implementasi Industri 4.0 tidak hanya didasarkan pada kelayakan teknisnya, tetapi juga pada penerimaan masyarakat terhadap proses transformasi ini, karena sosio-ekonomi sedang dalam proses perubahan. Juga dengan potensi peluang dan tantangan (Weber et al., 2019). Di antara peluang utama dengan Manajer dan eksekutif Industri 4.0 berharap untuk meningkatkan kontrol perusahaan dan pengukuran kinerja secara *real time* (Davies et al., 2014). Produktivitas diharapkan meningkat, akhirnya kinerja ekonomi dan daya saing global meningkat (Theorin et al., 2017).

Adanya perluasan kapasitas produksi dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan, biaya yang terkait dengan teknologi untuk menerapkan Industri 4.0 diperkirakan akan menurun selama bertahun-tahun (Contador et al., 2020). Risiko kegagalan mesin yang tidak terduga diperkirakan mengurangi dengan pemantauan yang diberikan oleh Industri 4.0, mengurangi kerugian dan memungkinkan optimalisasi sistem produksi, berkontribusi untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya (Emamifar et al., 2010). Paradigma baru bagi pengelolaan industri UKM dan kewirausahaan bahwa solusi Industri 4.0 dapat meningkatkan produktivitas operasional dan efisiensi biaya, mendobrak prosedur tradisional perencanaan dan pengendalian produksi (PPC) (Moeuf et al., 2018). Melalui PPC, pemodelan, teknologi *virtual* canggih, dan analitik data yang lebih efektif, dimungkinkan untuk meningkatkan: rekayasa proses dan produk, manajemen kualitas, dan pengoptimalan proses (Szalavetz, 2017). Tuntutan konsumen semakin tinggi, sistem produksi harus gesit, tanggap terhadap perubahan pesanan pelanggan, memasok produk berkualitas untuk terus bertahan di pasar (Babazadeh et al., 2012). Teknologi yang mendukung Industri 4.0 memiliki kapasitas untuk menghasilkan produk yang disesuaikan dalam jumlah kecil, hingga ukuran lot, ketika produk tertentu dibuat untuk memenuhi pesanan unik (Birkel et al., 2019). Salah satu kemungkinan penting dari Industri 4.0 adalah memberikan dasar untuk mengintegrasikan proses produksi dan virtualisasi desain manufaktur, didukung oleh Internet dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk mengembangkan produk dan layanan dengan kinerja unggul (Santos et al., 2017).

Industri 4.0 diharapkan membawa banyak manfaat bagi perusahaan manufaktur, seperti mengurangi *time-to-market* dan meningkatkan *quality-to-market* (Hessenkämper et al., 2016), juga mengurangi waktu pengiriman dan mengirimkan dalam periode waktu yang ditentukan (Evtodieva et al., 2020). Di sisi lain, Hessenkämper et al., (2016), menyebutkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, perlu memberikan pengetahuan produk dalam proses produksi kapan saja, di mana saja. Adopsi teknologi tinggi yang digunakan dalam Industri 4.0, tersedia interkoneksi yang komprehensif, mengintegrasikan produksi, pemasok,

pelanggan, dan semua pemangku kepentingan yang berharga, termasuk pesaing ke jaringan bisnis perusahaan (Rossit et al., 2019). Produk yang dihasilkan dengan Industri 4.0 (I4.0), seperti produk pintar yang menggunakan Internet dan teknologi lain yang terkait untuk berkomunikasi, memengaruhi masyarakat, dan dipengaruhi/dibentuk oleh masyarakat (Özdemir, 2018). Akhirnya, dapat dikatakan bahwa berbagai peluang efek perkembangan I4.0 tidak hanya berlaku untuk perusahaan pabrikasi/manufaktur perusahaan besar tetapi juga untuk pelaku UMKM dan kewirausahaan lainnya termasuk seluruh aktor yang terlibat dalam aktivitas ekonomi. Namun, I4.0 berhubungan dengan kemajuan teknologi dan multiliterasi sehingga pada praktiknya berbagai peluang di I4.0 dapat dimanfaatkan dengan segala kualifikasi dan persyaratan (memadainya kompetensi, investasi dan adopsi teknologi, serta multiliterasi) harus dipenuhi untuk mendukung keberhasilan dan mencapai kinerja maksimal sesuai dengan rencana dan tujuan yang diharapkan masing-masing pihak yang terlibat didalamnya. Berbagai jenis perusahaan terpaksa mengadopsi teknologi baru sebagai cara agar terlihat sebagai perusahaan yang modern dan andal, juga sebagai strategi untuk meningkatkan pangsa pasar (Contador et al., 2020).

Singkatnya, Industri 4.0 menciptakan banyak peluang baru bagi perusahaan, tetapi pada saat yang sama terdapat beberapa tantangan yang muncul dari otomatisasi dan digitalisasi yang sedang berlangsung (Hecklau et al., 2016; Firmansyah & Rifa'i, 2022). Dilihat dari perubahan dan perkembangan per hari ini bahwa Industri 4.0 merupakan visi masa depan, karena itu melibatkan banyak aspek, dan menghadapi banyak jenis kesulitan dan tantangan, termasuk *tantangan teknologi, tantangan ekonomi, masalah sosial dan masalah politik*.

Tabel 1. Industri 4.0, Tren dan Peluang Potensial Teridentifikasi

Tren dan Potensi Peluang	Sumber Rujukan/ Authors
Meningkatkan proses dan kapasitas produksi	Szalavetz (2017); Theorin et al., (2017); Emamifar et al., (2010)
Mengurangi biaya produksi	Contador et al., (2020)
Memberikan fleksibilitas lini produksi, fleksibilitas	Hessenkämper et al., (2016)
Perencanaan dan pengendalian produksi (kemudahan)	Moeuf et al., (2018); Szalavetz (2017); Contador et al., (2020)
Meningkatkan kualitas yang dihasilkan di lini produksi	Szalavetz (2017); Contador et al., (2020)
Tingkatkan produk: desain/fungsionalitas	Szalavetz (2017); Contador et al., (2020)
Tingkatkan produk: variasi	Santos et al., (2017)
Izinkan kustomisasi massal	Hessenkämper et al., (2016); Santos et al., (2017); (Birkel et al., 2019)
Pengembangan produk baru	(Santos et al., 2017); Contador et al., (2020)
Interaksi dengan pelanggan	Hessenkämper et al., (2016); Rossit et al., (2019); Contador et al., (2020)
Mengurangi waktu pengiriman	Evtodieva et al., (2020); dalam Contador et al., (2020)
Pengiriman sesuai perkiraan	Evtodieva et al., (2020); dalam Contador et al., (2020)

Mengoptimalkan interaksi dengan masyarakat	Özdemir (2018)
Dilihat sebagai perusahaan modern	Contador et al., (2020)
Menyediakan produk dengan kinerja unggul	Santos et al., (2017)
Dilihat sebagai perusahaan yang dapat dipercaya	Contador et al., (2020)
Meningkatkan kinerja dan daya saing global	Theorin et al., (2017)
Meningkatkan pangsa pasar dan layanan tinggi	Contador et al., (2020)

Sumber: Diadaptasi dari Contador et al., (2020) dan Sintesis Penulis dari berbagai sumber (2022)

Tantangan

Selain peluang yang dibawa melekat mengiringi perkembangan I4.0, juga berbagai tantangan turut menjadi perdebatan yang bisa saja memberikan ketikpastian dan kegagalan suatu usaha, kemampuan adaptasi dengan segala potensi dan sumber daya yang dimiliki menjadi semakin penting untuk dapat melaluinya menuju kemenangan. Salah satu hambatan organisasi yang utama adalah penolakan manajemen menengah dan karyawan karena pengenalan teknologi Industri 4.0 juga dapat mengubah fungsi manajemen, menciptakan dampak dalam budaya organisasi, dengan sistem produksi yang membutuhkan kompetensi baru dari karyawan (Raj et al., 2020). Perubahan dari pabrik yang sudah ketinggalan zaman menjadi pabrik dengan konsep Industri 4.0 mungkin memerlukan investasi besar dalam teknologi dengan risiko besar untuk menjadi cepat using (Nunes & Park, 2017; Dalenogare et al., 2018; Contador et al., 2020). Selain itu, juga dalam hal teknologi baru yang dapat dihasilkan dalam waktu dekat, melampaui yang ada di Industri 4.0 tanpa investasi diamortisasi (Birkel et al., 2019), tetapi juga ancaman pesaing baru memasuki pasar (Porter et al., 2008; Contador et al., 2020) dan munculnya entri dengan model bisnis baru yang inovatif yang dapat mengurangi pendapatan perusahaan secara signifikan (Zambon et al., 2019).

Salah satu tantangan yang relevan bagi kewirausahaan, pelaku usaha dan produsen adalah fluktuasi pasar, biasanya disebabkan oleh ledakan/penyusutan *ekonomi makro* dan perubahan penerimaan/*preferensi konsumen*, yang berdampak pada margin keuntungan dan pendapatan (Zhao & Zhu, 2018). Tantangan lain adalah persyaratan teknis yang memenuhi syarat untuk mengoperasikan teknologi Industri 4.0, yang tenaga kerjanya berkurang dan membutuhkan pelatihan berkelanjutan, sulit untuk diganti (Tortorella et al., 2020), oleh karena itu, umumnya menerima gaji yang lebih tinggi. Juga rendahnya kesadaran, literasi digital dan kemampuan memanfaatkan teknologi digital oleh UMKM menjadi kendala program *go digital* UMKM saat ini sehingga mereka rentan terhadap gangguan ekonomi global seperti gangguan efek Covid-19 beberapa waktu lalu, dan ini memerlukan upaya untuk meningkatkan kompetensi SDM pelaku usaha yang melek digital, yang juga harus menjadi fokus perhatian bersama (selain program stimulus dan bantuan keuangan, serta kebijakan otoritas publik), terutama peran mitra dan *stakeholders* berkepentingan sebagai inkubator dan akselerator (Wahdiniwaty, Firmansyah, Suryana, et al., 2022). Keamanan data/sistem dalam *cyber space* berhubungan dengan pengelolaan data dan identitas di dunia maya/virtual menjadi kekhawatiran banyak masyarakat pelaku usaha, ini menjadi subjek penting karena penggunaan Internet yang intensif untuk bertukar data oleh Industri 4.0 (Xu et al., 2018; Firmansyah et al., 2021). Kurangnya kemampuan khusus pelaku usaha, pengelola, manajer puncak atau menengah untuk menyusun perencanaan dan manajemen strategis yang

diperlukan untuk merumuskan visi dan strategi dalam transisi ke Industri 4.0, serta kebutuhan akan infrastruktur yang baik untuk mendukung teknologi yang terlibat (Contador et al., 2020).

Tabel 2. Industri 4.0, Tantangan Potensial Teridentifikasi

Tren dan Tantangan Potensial	Sumber Rujukan/ Authors
Investasi tinggi	Nunes & Park (2017); Dalenogare et al., (2018; Contador et al., (2020)
Ancaman model bisnis baru	Zambon et al., (2019); Contador et al., (2020)
Pengurangan pola konsumsi	Zhao & Zhu (2018)
Ancaman pesaing baru	Porter et al., (2008; Zambon et al., (2019); (Zambon et al., 2019).
Ancaman teknologi baru	Birkel et al., (2019)
Kesulitan dalam mempekerjakan/melatih staf khusus	Birkel et al., (2019); (Raj et al., 2020)
Upah yang lebih tinggi dibayarkan kepada staf khusus	Tortorella et al., (2020)
Perlawanan budaya organisasi	Birkel et al., (2019); (Raj et al., 2020)
Keamanan data/sistem	Xu et al., (2018); Firmansyah et al., (2021).
Perlunya keterampilan manajemen baru	Raj et al., (2020); Contador et al., (2020)
Perlu meningkatkan infrastruktur perusahaan	Raj et al., (2020); Contador et al., (2020)
Perlunya peningkatan kompetensi SDM, melek digital, adopsi teknologi, transformasi digital, dan kerja sama multisektor	Wahdiniwaty, Firmansyah, Suryana, et al., (2022).
Perlunya adopsi dan menemukan model baru, adaptif dan inovatif	Zambon et al., (2019)
Sumber: Diadaptasi dari Contador et al., (2020) dan Sintesis Penulis dari berbagai sumber (2022)	

Identifikasi Tantangan Politik dan Hukum, Ekonomi, Sosial, Teknologi, Lingkungan, Untuk Menemukan Kompetensi Inti Yang Mungkin Dibutuhkan Transformasi Digital dan Kinerja Kewirausahaan

Menurut Firmansyah & Rifa'i., (2022), bahwa Industri 4.0 menciptakan banyak peluang baru bagi perusahaan, tetapi pada saat yang sama menimbulkan beberapa tantangan dari otomatisasi dan digitalisasi yang sedang berlangsung. Selanjutnya disebutkan bahwa identifikasi individu secara pribadi, internal bisnis/kewirausahaan maupun perilaku pesaingnya dalam perspektif mikro perlu dilakukan, namun guna memperoleh gambaran dan deksripsi mengenai *kompetensi inti*, *proses digitalisasi*, *transformasi digital* dan potensi *kinerja* usaha yang lebih komprehensif relevansinya dengan kondisi saat ini maupun masa yang akan datang, maka sebaiknya tantangan lingkungan makro (tantangan Politik, Ekonomi, Sosial, Teknologi, Lingkungan = PESTEL) dianalisis. Adapun ringkasan kompetensi inti untuk kelima tantangan yang teridentifikasi di I4.0 yang berpotensi dibutuhkan, sebagai berikut:

Tabel 3

Industri 4.0, Kompetensi Inti untuk Tantangan Teridentifikasi (Ringkasan)

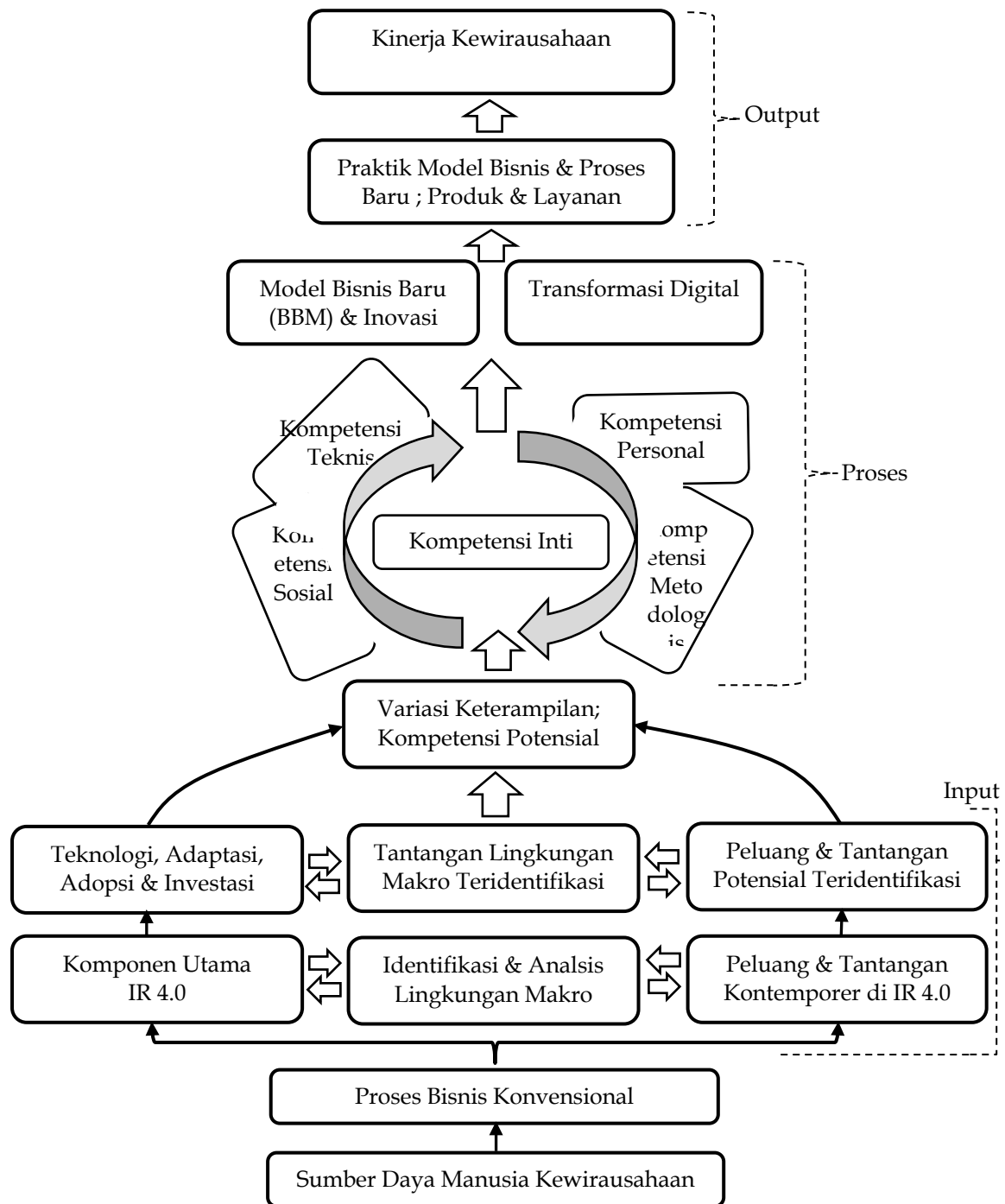
Hasil Analisis Lingkungan Makro	Tantangan dan Fokus Kompetensi
Tantangan Ekonomi	▪ Keberhasilan meraih prestasi dengan cepat di era globalisasi IR 4.0 ▪ Proses kreatif diperlukan untuk meningkatkan inovasi berkelanjutan ▪ Ekspektasi pelanggan sebagai permintaan untuk orientasi layanan ▪ Kebutuhan kerjasama semakin meningkat
Tantangan Sosial	▪ Efek mendalam pada praktik pekerjaan sosial dari Globalisasi menjelang abad 21 ▪ Demografis dan perubahan nilai sosial ▪ Meningkatkan kerja secara virtual/online/daring ▪ Meningkatnya kompleksitas proses
Tantangan Teknologi dan Teknis	▪ Pertumbuhan teknologi ▪ Interaksi antara perkembangan inovasi dengan kemajuan teknologi ▪ Menumbuhkan kerja kolaboratif pada platform ▪ Meningkatnya interaksi dan komunikasi dalam ruang maya ▪ Persaingan dalam ekosistem digital
Tantangan Lingkungan	▪ Cara termudah dalam beraktivitas ▪ Perubahan iklim & kelangkaan sumber daya
Tantangan Politik dan Hukum	▪ Kesejahteraan masyarakat dan berkeadilan dengan perekonomian yang berdaya saing dan modern berkelanjutan ▪ Ketentuan dan Standarisasi ▪ Antisipasi perubahan mungkin terjadi

Sumber : Firmansyah & Rifa'i., (2022)

Agregasi hasil analisis setiap tantangan lingkungan makro di atas, terlihat bahwa keterampilan dari kompetensi inti yang dimungkinkan menjadi kebutuhan masa depan bagi tenaga kerja, kewirausahaan, pelaku usaha bahkan semua pelaku ekonomi tersebut dapat dikategorikan ke dalam empat kelompok kompetensi inti yaitu *kompetensi teknis, kompetensi sosial, kompetensi metodologi dan kompetensi personal* (Hecklau et al., 2016; Firmansyah & Rifa'i., 2022).

Model Kinerja Kewirausahaan, Kompetensi Inti dan Transformasi Digital

Model kinerja kewirausahaan ini merupakan desain permodelan yang mempresentasikan/menggambarkan perkembangan teknologi, seperangkat kompetensi SDM yang dibutuhkan dalam proses transformasi digital guna memungkinkan tercapainya kinerja kewirausahaan yang lebih baik berkelanjutan di industri 4.0 yang dibangun berdasarkan sintesis peneliti sesuai dengan temuan dari hasil identifikasi dan eksplorasi beberapa literatur: *komponen utama I4.0, peluang dan tantangan kontemporer di I4.0, kompetensi inti untuk tantangan yang teridentifikasi dari analisis lingkungan makro, agregasi dan kategorisasi kompetensi inti*.



Gambar 1. Model Kinerja Kewirausahaan; Kompetensi Inti dan Transformasi Digital
Sumber: Sintesis Peneliti (2022)

Gambar 1, menjelaskan kompetensi inti SDM kewirausahaan dan transformasi digital, praktik model bisnis dan proses baru (produk dan layanan) memfasilitasi dan menjembatani kinerja kewirausahaan di industri 4.0. Variasi keterampilan untuk seperangkat kompetensi potensial dibutuhkan di I4.0 maupun masa yang akan datang telah menghubungkan pengetahuan dan kebutuhan investasi, teknologi, adopsi dan adaptasi dengan kompetensi inti yang dibutuhkan, demikian juga peluang dan tantangan kontemporer serta informasi dan isu penting mengenai

tantangan lingkungan makro yang teridentifikasi mampu memfasilitasi ditemukannya kompetensi inti yang mungkin dibutuhkan SDM kewirausahaan, yang dikategorikan kedalam empat kelompok kompetensi inti yakni kompetensi teknis, kompetensi sosial, kompetensi metodologi dan kompetensi personal yang secara berkelanjutan saling melengkapi satu sama lainnya dalam sistem untuk mendukung model kinerja kewirausahaan di I4.0. Keempat kompetensi inti tersebut sangat relevan dan mendukung praktik model bisnis dan proses baru, produk dan layanan, proses transformasi dan digitalisasi, meningkatkan kemampuan adaptasi dan inovasi, kolaborasi dan integrasi dalam ekosistem digital, sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan daya tahan wirausahawan/pelaku usaha termasuk UMKM, untuk terus berkembang dengan kinerja yang lebih baik serta memiliki keunggulan daya saing global.

SIMPULAN

Temuan dari kajian ini bahwa keberhasilan model kinerja kewirausahaan di I4.0 difasilitasi oleh kompetensi inti dan praktik transformasi digital. IoS, SPS, IoS dan *Smart Factory* menjadi empat komponen penting I4.0 untuk mendukung pemahaman kolektif teknologi, adaptasi dan adopsi menjadi kompetensi potensial yang dibutuhkan dalam konsep organisasi masa depan. Identifikasi peluang dan tantangan kontemporer serta informasi dan isu penting mengenai tantangan lingkungan makro di I4.0 penting dilakukan untuk menemukan kompetensi inti yang dibutuhkan SDM kewirausahaan. Kompetensi inti yang ditemukan dikategorikan dalam empat kelompok yaitu kompetensi teknis, kompetensi sosial, kompetensi metodologi dan kompetensi personal yang secara berkelanjutan saling melengkapi satu sama lainnya dalam sistem untuk mendukung model kinerja kewirausahaan di I4.0. Temuan mengenai Model kinerja kewirausahaan di I4.0 telah kami dideskripsikan dan dipresentasikan, diharapkan dapat dijadikan acuan teoretis pada pengembangan penelitian relevan selanjutnya, juga diharapkan berguna memberikan luaran yang bermanfaat bagi pihak yang bekepentingan dalam mencari dan menemukan strategi, perencanaan dan pengambilan keputusan, inovasi dalam praktik model dan proses bisnis yang memungkinkan terus terbarukan sehingga dapat menjamin kelangsungan hidup kewirausahaan/perusahaan di I4.0 dan era ekonomi digital yang sedang berlangsung.

Referensi :

- Agolla, J. E. (2018). Human capital in the smart manufacturing and industry 4.0 revolution. *Digital Transformation in Smart Manufacturing*, 41-58.
- Arafeh, L. (2016). An entrepreneurial key competencies' model. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 5(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s13731-016-0048-6>
- Babazadeh, R., Razmi, J., & Ghodsi, R. (2012). Supply chain network design problem for a new market opportunity in an agile manufacturing system. *Journal of Industrial Engineering International*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.1186/2251-712X-8-19>
- Birkel, H. S., Veile, J. W., Müller, J. M., Hartmann, E., & Voigt, K.-I. (2019). Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. *Sustainability*, 11(2), 384. <https://doi.org/10.3390/su11020384>

- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2017). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *FormaMente*, 12.
- Contador, J. C., Satyro, W. C., Contador, J. L., & Spinola, M. de M. (2020). Flexibility in the Brazilian Industry 4.0: Challenges and Opportunities. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 21(1), 15–31. <https://doi.org/10.1007/s40171-020-00240-y>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Davies, D., Jindal-Snape, D., Digby, R., Howe, A., Collier, C., & Hay, P. (2014). The roles and development needs of teachers to promote creativity: A systematic review of literature. *Teaching and Teacher Education*, 41, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.03.003>
- Dobrowolska, M., & Knop, L. (2020). Fit to work in the business models of the industry 4.0 age. *Sustainability*, 12(12), 4854. <https://doi.org/10.3390/su12124854>
- Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 742–748. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.06.003>
- Evtodieva, T. E., Chernova, D. V, Ivanova, N. V, & Wirth, J. (2020). *The Internet of Things: Possibilities of Application in Intelligent Supply Chain Management BT - Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities* (S. Ashmarina, A. Mesquita, & M. Vochozka (eds.); pp. 395–403). Springer International Publishing.
- Filipowicz, G. (2011). Uniwersalny model kompetencyjny. *Fundacja Obserwatorium Zarządzania, Katalizator Innowacji, Competency Insitiute, Warszawa*.
- Firmansyah, D. (2022a). Kinerja Kewirausahaan: Literasi Ekonomi, Literasi Digital dan Peran Mediasi Inovasi. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 1(5), 745–762. <https://doi.org/10.55927/fjas.v1i5.1288>
- Firmansyah, D. (2022b). Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, 1(2), 85–114. <https://doi.org/10.55927/jiph.v1i2.937>
- Firmansyah, D., Rifa'i, A. A., & Suryana, A. (2022). Human Resources: Skills and Entrepreneurship in Industry 4.0. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 1(6), 1221–1240. <https://doi.org/10.55927/fjas.v1i6.1899>
- Firmansyah, D., Rifa'i, A. A., Suryana, A., & Suwarna, A. I. (2021). Self Identity Management UMKM Dalam Cyberspace: Perspektif Pasca Transformasi Digital UMKM Di Kawasan Destinasi Wisata Geopark Cileutuh. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(6), 1075–1084.
- Firmansyah, D., & Saepuloh, D. (2022). Daya Saing: Literasi Digital dan Transformasi Digital. *Journal of Finance and Business Digital*, 1(3), 237–250. <https://doi.org/10.55927/jfbd.v1i3.1348>
- Firmansyah, D., Suryana, A., & Rifa'i, A. A. (2022). PMD (Pelatihan Media Digital) Sektor Usaha Mikro dan Kecil Handycraft Bambu Di KAA Sukabumi Guna Meningkatkan

- Pemasaran Online Berbasis Marketplace Di Era Ekonomi Digital. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(10), 2805–2816.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia Cirp*, 54, 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- Henning, K., Wolfgang, W., & Johannes, H. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie*, 4, 82.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review. *Technische Universität Dortmund, Dortmund*, 45.
- Hessenkämper, A., Steffen, B., & Boßelmann, S. (2016). *Global Communication Infrastructure: Towards Standardization of Customized Projects via Profile Matching BT - Leveraging Applications of Formal Methods, Verification, and Validation* (A.-L. Lamprecht (ed.); pp. 83–96). Springer International Publishing.
- Hisrich, R. D., Peters, M. P., & Sheperd, D. A. (2011). Entrepreneurship, McGraw-Hill. In *New York*. McGraw-Hill Education.
- Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*, 13(1), 2–3.
- Kinkel, S., Schemmann, B., & Lichtner, R. (2017). Critical competencies for the innovativeness of value creation champions: Identifying challenges and work-integrated solutions. *Procedia Manufacturing*, 9, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.021>
- Kovacs, O. (2018). The dark corners of industry 4.0–Grounding economic governance 2.0. *Technology in Society*, 55, 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.07.009>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Lukač, D. (2015). The fourth ICT-based industrial revolution" Industry 4.0" –HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8. *2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, 835–838. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2015.7377595>
- Mitchelmore, S., & Rowley, J. (2010). Entrepreneurial competencies: a literature review and development agenda. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 16(2), 92–111. <https://doi.org/10.1108/13552551011026995>
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118–1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Morze, N. V., & Strutynska, O. V. (2021). Digital transformation in society: key aspects for model development. *Journal of Physics: Conference Series*, 1946(1), 12021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1946/1/012021>
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs

- approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>
- Negroponte, N. (1995). *Being Digital* , Vintage Books. New York. 165.
- Nunes, M. F., & Park, C. L. (2017). Sustainable smart manufacturing: Assembling innovation-friendly enterprises. In *Challenges for Technology Innovation: An Agenda for the Future* (1st ed., pp. 143–147). CRC Press.
- Özdemir, V. (2018). The dark side of the moon: the internet of things, industry 4.0, and the quantified planet. *Omics: A Journal of Integrative Biology*, 22(10), 637–641.
- Porter, M. E., Ketels, C., & Delgado, M. (2008). The microeconomic foundations of prosperity: findings from the business competitiveness index. *The Global Competitiveness Report*, 2008, 51–81. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.534.6429&rep=rep1&type=pdf>
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., De Amicis, R., Pinto, E. B., Eisert, P., Döllner, J., & Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2), 26–40. <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.45>
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>
- Rossit, D. A., Tohmé, F., & Frutos, M. (2019). Industry 4.0: Smart Scheduling. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3802–3813. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1504248>
- Saepuloh, D., Firmansyah, D., & Aryantika, N. (2020). Satisfaction as a mediator impact quality of service Toward customer loyalty (Study on pt. prima Mixindo Utama Sukabumi city). *Global Research Network LLC. American Journal Of Social And Humanitarian Research*, 1(3), 32–50. https://www.researchgate.net/profile/Dadang-Saepuloh-2/publication/346095442_Satisfaction_as_a_mediator_impact_quality_of_service_Toward_customer_loyalty_Study_on_pt_prima_Mixindo_Utama_Sukabumi_city/links/5fbb551c92851c933f500612/Satisfaction-as-a-mediat
- Saepuloh, D., Firmansyah, D., Susetyo, D. P., & Suryana, A. (2022). Quadruple Helix Collaboration Concept As An Economic Recovery Solution After COVID-19. *Economica*, 10(2), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.22202/economica.2022.v10.i2.4636>
- Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., & Canciglieri, O. (2017). Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1358–1365. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.265>
- Simic, M., & Nedelko, Z. (2019). Development of competence model for Industry 4.0: A

- theoretical approach. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 1288–1298.
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512–1532. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1470>
- Szalavetz, A. (2017). The environmental impact of advanced manufacturing technologies. *Central European Business Review*, 6(2), 18–29.
- Theorin, A., Bengtsson, K., Provost, J., Lieder, M., Johnsson, C., Lundholm, T., & Lennartson, B. (2017). An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1297–1311. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1201604>
- Tortorella, G. L., Vergara, A. M. C., Garza-Reyes, J. A., & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 219, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.023>
- Tseng, C. (2013). Connecting self-directed learning with entrepreneurial learning to entrepreneurial performance. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 19(4), 425–446. <https://doi.org/10.1108/IJEBr-08-2011-0086>
- Wahdiniwati, R., Firmansyah, D., Dede, Suryana, A., & Rifa'i, A. A. (2022). The Concept of Quadruple Helix Collaboration and Quintuple Helix Innovation as Solutions for Post Covid 19 Economic Recovery. *MIX JURNAL ILMIAH MANAJEMEN*, 12(3), 418–442. https://doi.org/10.22441/jurnal_mix.2022.v12i3.005
- Wahdiniwati, R., Firmansyah, D., Suryana, A., Dede, D., & Rifa'i, A. A. (2022). Mystery in Marketing Management Products Post COVID-19 as a Model of Survival Strategy Towards the Awakening of Micro Small and Medium Enterprises (MSMEs) in the Digital Economy Era. *Khazanah Sosial*, 4(1), 187–210. <https://doi.org/10.15575/ks.v4i1.17397>
- Weber, K. M., Gudowsky, N., & Aichholzer, G. (2019). Foresight and technology assessment for the Austrian parliament—Finding new ways of debating the future of industry 4.0. *Futures*, 109, 240–251. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.06.018>
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). The nine elements of digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 55(3), 1–6. <https://www.proquest.com/openview/427bcb94c8d30228fd1e5aa2f945bd0e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=26142>
- Wu, T., Chen, B., Shao, Y., & Lu, H. (2021). Enable digital transformation: entrepreneurial leadership, ambidextrous learning and organisational performance. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(12), 1389–1403. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1876220>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yin, S., & Kaynak, O. (2015). Big data for modern industry: challenges and trends [point of view]. *Proceedings of the IEEE*, 103(2), 143–146. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2388958>

- Zambon, I., Egidi, G., Rinaldi, F., & Cividino, S. (2019). Applied research towards industry 4.0: Opportunities for SMEs. In *Processes* (Vol. 7, Issue 6, p. 344). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr7060344>
- Zhao, S., & Zhu, Q. (2018). A risk-averse marketing strategy and its effect on coordination activities in a remanufacturing supply chain under market fluctuation. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1290–1299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.107>