

Investigasi Revolusi Industri 4.0 Dan Society 5.0 Dalam Konteks Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*)

Dodi Setiawan Riatmaja^{1*}, Dinda Sukmaningrum²
^{1*,2} Universitas Amikom Yogyakarta
*Corresponding email: dodi@amikom.ac.id

Abstrak

Dalam literatur, penelitian yang cukup terbatas mengenai topik Society 5.0. Penelitian ini menguji keberadaan Society 5.0 dan efektivitas Industry 4.0, serta mengevaluasi efisiensi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan PBB (SDGs) dalam proses tersebut, terutama di Indonesia. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data yang diperoleh melalui kuesioner berisi 30 pertanyaan yang dilakukan kepada 335 akademisi yang bekerja di Universitas X. Data tersebut dianalisis menggunakan analisis faktor eksploratori dengan program SPSS, analisis faktor konfirmatori dengan AMOS, dan pemodelan persamaan struktural dengan Smart PLS. Hasil analisis menunjukkan bahwa SDG9, SDG10, SDG11, SDG12, SDG13, dan SDG14 memiliki pengaruh rendah (yaitu, R²: 0,172) terhadap penerapan Industry 4.0 dan Society 5.0. Selain itu, juga ditemukan bahwa para peserta sangat dipengaruhi oleh situasi yang ada dan memberikan tanggapan sesuai dengan dampak tersebut. Studi ini juga mengungkapkan bahwa Indonesia tidak memiliki filosofi unggulan dalam bidang Society 5.0 dan Industry 4.0, dan kemajuannya terhambat karena terlalu fokus pada proses-proses yang sudah ketinggalan zaman.

Kata Kunci: Society 5.0, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), Industri 4.0 dan Masyarakat Digital

I. PENDAHULUAN

Program 'Industri 4.0' diluncurkan oleh Pemerintah Jerman pada tahun 2011 di pameran perdagangan Hannover. Industri 4.0 adalah upaya teknologi yang ditujukan semata-mata untuk digunakan dalam industri manufaktur, di mana semua proses mulai dari produksi hingga logistik dilacak melalui Internet of Things. Industri 4.0 melibatkan pengintegrasian teknologi baru seperti kecerdasan buatan, komputasi awan, sistem cyber-fisik, dan Internet of Things untuk produksi industri. Negara-negara yang terkena dampak Industri 4.0 memberikan makna baru dan berbeda terhadap Industri 4.0 dengan rencana dan proyek baru sesuai dinamikanya masing-masing. Strategi Industri 4.0 Jerman menambahkan interpretasi baru dengan menggabungkan program-program seperti 'Advanced Manufacturing Partnership' oleh Amerika Serikat, 'UK Industry 2050' oleh Inggris, 'Made in China 2025' oleh China, 'New Industrial France' oleh Perancis, 'Manufacturing Innovation 3.0' oleh Korea Selatan, dan 'Society 5.0' oleh Jepang. Struktur tersebut hanya berfokus pada produksi dengan Industri 4.0, mencoba memperluas ke seluruh lapisan masyarakat dengan melakukan ekspansi melalui Society 5.0. Tujuannya adalah untuk meningkatkan laju pertumbuhan masyarakat Jepang dan menghilangkan dampak negatif seperti penuaan populasi pada struktur sosial melalui teknologi. Literatur yang ada hanya memuat sedikit penelitian tentang Society 5.0. hanya terdapat 52 studi literatur terkait topik tersebut.

Berdasarkan penelitian Takanori et al (2020) "Society 5.0", ini adalah konsep Jepang terkait penurunan populasi yang lambat akibat kemajuan teknologi. Hal ini sering dianggap sebagai puncak dari pertumbuhan penduduk yang dibangun pada periode-periode sebelumnya seperti pertanian, industri, agraris dan masyarakat informasi. Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) diadopsi oleh

Perserikatan Bangsa-Bangsa pada tahun 2015 sebagai seruan global untuk bertindak guna mengakhiri kemiskinan, melindungi planet ini, dan memastikan bahwa semua orang menikmati perdamaian dan kesejahteraan pada tahun 2030. Penelitian Zhong (2021), studi ini menemukan kemungkinan untuk mengidentifikasi strategi penerapan Society 5.0 di sektor Pendidikan untuk merespons dampak pandemi COVID-19 terhadap kebijakan.

Melalui pemeriksaan dari penelitian-penelitian terbatas tersebut, ditemukan bahwa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Perserikatan Bangsa-Bangsa (SDGs) membentuk salah satu dasar dari Society 5.0. Penelitian ini menyelidiki apakah tujuan-tujuan yang ditetapkan dalam SDGs menciptakan rasa orientasi dan pengaruh terhadap Industri 4.0 dan Society 5.0 di Indonesia sebagai negara yang menerima SDGs.

Industri 4.0

Logika di balik penciptaan Industri 4.0 di Jerman melibatkan kerjasama antara perusahaan swasta dan universitas untuk mengembangkan sistem-sistem tersebut, serta anggaran penelitian dan pengembangan yang disediakan oleh pemerintah (Roblek et al, 2020). Baru-baru ini, banyak sistem yang efisien dan efektif yang menggunakan teknologi seperti kecerdasan buatan, Internet of Things (IoT), dan sistem fisik siber telah diperkenalkan (Rathee et al, 2019). Layanan seperti 'Internet Industri' oleh General Electric, 'Industri 4.0' oleh IBM, 'Internet Segalanya' oleh Cisco, dan Lumada oleh Hitachi, digunakan untuk infrastruktur negara dan perusahaan. Tidak hanya Indonesia, banyak negara juga yang melakukan perencanaan, penganggaran, dan pengorganisasian agar dapat memiliki teknologi produksi baru seiring dengan Industri 4.0 (Bedolla et al, 2017). Kecerdasan buatan, komputasi awan, data besar, sistem fisik siber, dan Internet of Things (IoT) merupakan teknologi utama Industri 4.0 (Lu.Y, 2017). Data besar yang dikumpulkan adalah data mentah, dan manipulasinya yang tepat melalui kecerdasan buatan memberikan kontribusi besar bagi bisnis, termasuk peningkatan efisiensi, desain yang lebih dapat diterapkan, perkiraan permintaan yang lebih akurat, peningkatan loyalitas pelanggan seiring dengan mempertimbangkan ekspektasi pelanggan, dan penciptaan lebih banyak strategi. rencana. efektif untuk bisnis (Santos et al, 2017).

Dengan menghubungkan sistem fisik dan sistem siber, CPS menyediakan koneksi antara manusia dan mesin serta antar mesin melalui sensor nirkabel, koneksi IoT, ponsel pintar, dan tablet (O'donovan, P et al, 2018). Sistem cloud diperlukan untuk menyimpan data besar dan melakukan analisis segera. Sistem fisik siber (CPS) didefinisikan sebagai teknologi transformatif yang mengubah entitas fisik yang terdeteksi melalui sensor menjadi pengetahuan yang dapat dipahami oleh robot dan mengirimkan bagaimana pengetahuan tersebut dapat digunakan oleh robot lain dan manusia (Lee. J et al 2015).

Hubungan Industri 4.0 dengan Society 5.0

Banyak manfaat, seperti pengurangan biaya, tidak adanya kesalahan pada mesin yang mengandalkan kecerdasan buatan, dan penyediaan produk khusus yang tepat waktu kepada pelanggan, telah menjadi bagian dari kehidupan bisnis berkat Industri 4.0 (Miśkiewicz, dan Wolniak, 2020). Sementara Industri 4.0 efektif dalam wilayah terbatas karena praktiknya berkaitan dengan industri, Society 5.0 memilih seluruh masyarakat, termasuk industri, sebagai wilayah praktiknya (Kansha dan Ishizuka, 2019). Dalam Rencana Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi ke-5 direncanakan untuk mempopulerkan Society 5.0 (masyarakat super cerdas) di bawah kepemimpinan ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi.

Oleh karena itu, perusahaan seperti Panasonic, NEC, Toyota, Fujitsu, dan Hitachi mulai mengintegrasikan Society 5.0 ke dalam strategi institusi mereka. Namun, Society 5.0 mencakup seluruh SDGs. Karena alasan-alasan seperti kebijakan energi berkelanjutan, pertumbuhan ekonomi, pengembangan model kerja baru, produksi tinggi dan efektif, pengelolaan limbah yang aman dan cerdas, serta penggunaan sistem infrastruktur yang wajar dan berkelanjutan, terdapat hubungan langsung antara Industri 4.0 dan Industri Berkelanjutan. Tujuan Pembangunan (SDGs) ke-7, ke-8, ke-9, ke-11, ke-12, dan ke-13 (Dantas, et al, 2021).

Meskipun pengeluaran asuransi sosial sebesar 120 triliun yen dilakukan untuk populasi lansia pada tahun 2015, jumlah tersebut diperkirakan akan mencapai 150 triliun yen pada tahun 2025. Populasi Jepang

diperkirakan menurun dari 127 juta menjadi 117 juta pada tahun 2030 dan menjadi 97 juta pada tahun 2050 (Heller, 2016). Angka penduduk berusia 65 tahun ke atas di Jepang mencapai 26,7% dari total penduduk dan angka ini diperkirakan akan mencapai 40% pada tahun 2050 (Goh dan McNown. 2020).

Jepang adalah negara keenam dengan jumlah emisi gas rumah kaca terbanyak, yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 26% pada tahun 2030. To achieve this, dilakukan kegiatan penggunaan pencahayaan pintar yang hemat energi di rumah-rumah dan memperluas penggunaan sistem energi surya. 18% desi gas rumah kaca di Jepang berasal dari sektor transportasi. Pengurangan emisi gas rumah kaca dari kendaraan adalah kendaraan yang digerakkan secara listrik (BEV), kendaraan yang menggunakan gas alam (NGV), dan kendaraan berbahan bakar hidrogen (FCV).

Society 5.0 adalah sistem yang berusaha mencari solusi untuk masalah yang dialami di Jepang dengan memanfaatkan berbagai infrastruktur dan sistem yang berbeda secara bersamaan. Sistem ini ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Society 5.0 untuk Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Sistem infrastruktur yang berkelanjutan berkaitan dengan SDG 9, SDG 11, dan SDG 12, SDG 1, SDG 2, SDG 12, SDG 14, dan SDG 15 dalam hal pertanian dan pangan pintar, SDG 4, SDG 5, SDG 8, SDG 10, SDG 16, dan SDG 17 dalam hal sistem pembelajaran elektronik (e-learning), SDG 3, SDG 9, SDG 11, SDG 13, SDG 14, SDG 15, SDG 16, dan SDG 17 dalam hal sistem peringatan dini, SDG 4, SDG 5, SDG 8, dan SDG 10 dalam hal pemberdayaan perempuan, SDG 7, SDG 11, SDG 12, dan SDG 13 dalam hal energi berkelanjutan, dan SDG 6, SDG 7, SDG 13, SDG 14, dan SDG 15 dalam hal pemantauan jarak jauh dan data oseanografi.

II. METODE

Indonesia menjadi anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa sebagai anggota pendiri pada tanggal 26 Juni 1945, dan sebagai anggota yang dihormati, negara itu bertindak sesuai dengan banyak perjanjian dan undang-undang. Semua negara anggota PBB menerima Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) pada pertemuan September 2015 (Campagnolo dan Davide. 2019). SDGs terdiri dari 17 item, 169 tujuan, dan 232 indikator, dan melibatkan elemen ekonomi, elemen lingkungan seperti perubahan iklim, sumber air, dan kehidupan laut dan darat, serta elemen sosial seperti hak asasi manusia, kesetaraan, dan kesetaraan gender (Biggeri, et al.

2019). Tujuan-tujuan tersebut direncanakan akan dicapai secara bertahap hingga tahun 2030. Berikut adalah tujuh belas tujuan:

1. Bebas Kemiskinan (SDG1): Mencabut kemiskinan ekstrim, menyediakan akses mudah bagi manusia terhadap sumber-sumber dan layanan dasar, serta melindungi orang dari peristiwa ekonomi dan lingkungan merupakan tujuannya (Campagnolo & Davide, 2019).
2. Tanpa Kelaparan (SDG2): Bertujuan agar semua orang memiliki akses terhadap makanan yang aman, bergizi, dan cukup sepanjang tahun serta menghilangkan kemiskinan di dunia (Byerlee & Fanzo, 2019).
3. Kesehatan yang Baik dan Kesejahteraan (SDG3): Bertujuan untuk menyediakan kebutuhan kesehatan dasar seperti pengobatan, diagnosis, perawatan medis, dan obat-obatan yang ekonomis (Wakunuma, K., Jiya & Aliyu, 2020).
4. Pendidikan Berkualitas (SDG4): Mendorong pendidikan yang setara, sepanjang hayat, dan mudah diakses bagi semua orang dari setiap kelompok usia (McKay, 2020).
5. Kesetaraan Gender (SDG5): Bertujuan untuk menyediakan kesetaraan gender dalam masyarakat dan memperkuat kondisi perempuan dan gadis-gadis dalam masyarakat oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (Yount et al, 2018).
6. Air Bersih dan Sanitasi (SDG6): Air merupakan salah satu zat paling penting di dunia untuk mempertahankan kehidupan bagi semua makhluk hidup. Oleh karena itu, bertujuan untuk mengambil langkah-langkah baru untuk menyediakan air segar dan layak minum bagi manusia serta menggunakan teknologi secara efektif (Fehri et al, 2019).
7. Energi Terjangkau dan Bersih (SDG7): Bertujuan untuk mendukung produksi energi dari sumber seperti panas bumi, hidro, surya, angin, dan gelombang laut yang tidak menyebabkan peningkatan emisi CO₂ (Nam-Chol & Kim, 2019).
8. Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi (SDG8): Tujuan utamanya adalah untuk mencapai perkembangan ekonomi dan menyerap tenaga kerja dalam pekerjaan layak dan model pekerjaan dan pertumbuhan yang konsisten, menyediakan kesetaraan gender, melibatkan risiko rendah atau tidak ada risiko, dan memberikan pembayaran yang sesuai untuk upaya manusia (Rai et al. 2019).
9. Industri, Inovasi, dan Infrastruktur (SDG9): Bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dengan menciptakan inovasi, memproduksi produk-produk yang sesuai dengan kebutuhan manusia dengan menggunakan inovasi tersebut di bidang industri, dan membangun infrastruktur jembatan, jalan, bandara, air, dan saluran air yang jauh lebih aman, berkualitas tinggi, dan kuat (Cervelló-Royo et al. 2020).
10. Mengurangi Ketimpangan (SDG10): Bertujuan untuk mengurangi ketimpangan antara negara-negara dan di dalam negara-negara serta mencegah orang menjadi korban diskriminasi karena usia, jenis kelamin, etnisitas, agama, keyakinan politik, dan disabilitas (Horn & Grugel, 2018).
11. Kota dan Komunitas Berkelanjutan (SDG11): Lebih dari setengah populasi dunia tinggal di kota. Tujuannya adalah untuk mengurangi kehidupan di permukiman kumuh, meningkatkan fasilitas transportasi, mengatur infrastruktur sanitasi dan lainnya yang mempengaruhi kesehatan manusia, serta mewujudkan dan merencanakan program dan praktik yang bertujuan membentuk kota-kota berkelanjutan yang layak (Rozhenkova et al. 2019).
12. Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab (SDG12): Bertujuan untuk menggunakan makanan, air, peralatan rumah tangga, perangkat elektronik, energi, dan semua bahan bakar fosil secara ekonomis dan siklikal serta menghormati masa depan karena dampak lingkungan dari produk-produk yang kita gunakan saat ini menciptakan ancaman yang lebih besar untuk masa depan (Sala & Castellani, 2019).
13. Tindakan untuk Iklim (SDG13): Bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan konsumsi energi yang bergantung pada bahan bakar fosil, menciptakan kota-kota bebas karbon untuk mengurangi perubahan iklim, mengambil langkah-langkah untuk melawan bencana alam yang disebabkan oleh perubahan iklim, dan mengembangkan langkah-langkah penanggulangan (Ma, W et al. 2021).

14. Kehidupan di Bawah Air (SDG14): Bertujuan untuk memastikan penggunaan yang efektif dari samudra, laut, dan sumber daya tersebut, mengganti kerusakan, menciptakan struktur yang sehat, dan menggunakan sumber daya secara berkelanjutan (Okafor-Yarwood, 2019).
15. Kehidupan di Darat (SDG15): Berfokus pada perlindungan ekosistem dan spesies di daratan serta penggunaan yang berkelanjutan (Opoku, A. 2019).
16. Perdamaian, Keadilan, dan Lembaga yang Kuat (SDG16): Setiap tahun, banyak orang meninggal akibat baku tembak antar negara atau akibat kelompok-kelompok bersenjata. Konflik-konflik tersebut mencegah pelayanan kepada masyarakat dan menciptakan lingkungan yang lebih bijaksana dan damai (Calvo et al. 2019).
17. Kemitraan untuk Tujuan (SDG17): Bertujuan untuk membantu perkembangan seluruh dunia dengan memungkinkan kerjasama dan komunikasi yang efektif di antara negara-negara (Lamichhane et al. 2021).

Untuk mencapai 17 tujuan tersebut, Indonesia membuat berbagai rencana dan program. Laporan akhir, yang ditulis dalam bahasa Inggris dan Indonesia, didistribusikan di situs web resmi untuk memastikan bahwa rencana Indonesia berjalan efektif dan diawasi (Planlari, K. 2022). Indonesia berjanji untuk mengurangi emisi CO₂ sebesar 21% pada tahun 2030 dibandingkan dengan tingkat pada tahun 2013. Para penulis membuat pertanyaan untuk melihat apakah SDGs mempengaruhi upaya Industri 4.0 dan Society 5.0 di Indonesia. SDG dibagi menjadi dimensi-dimensi dalam beberapa penelitian. Bahkan penelitian yang dilakukan di negara yang sama menemukan hasil yang berbeda (Aust, et al (2020) dan Chen, et al. (2021)). Pertanyaan SDG dibagi menjadi subdimensi sosial dan infrastruktur setelah melakukan analisis dengan SPSS. Sepuluh pertanyaan (yaitu SDG 1-8, SDG 15-16) yang dipisahkan oleh program dan dianggap dekat dengan elemen-elemen sosial membentuk bagian dampak sosial, sementara sisanya (yaitu SDG 9-14, SDG 17) diyakini berkaitan dengan masalah infrastruktur membentuk bagian infrastruktur. Pertanyaan-pertanyaan dan distribusinya disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pertanyaan-pertanyaan dan distribusinya

Item	Pertanyaan
Kelayakan	
Industri_1	Industri 4.0 yang ada di Jerman dapat dipraktekkan di Indonesia
Industri_2	Saya memiliki pengetahuan tentang teknologi yang membentuk Industri 4.0 seperti internet of things, cloud, kecerdasan buatan, data besar, printer 3D, dll.
Industri_3	Indonesia memiliki teknologi yang dapat mewujudkan Industri 4.0
Industri_4	Dimungkinkan untuk menemukan pabrik yang kompatibel dengan Industri 4.0 di Indonesia
Industri_5	Biaya produksi akan turun di Indonesia berkat Industri 4.0
Industri_6	Potensi produksi yang lebih efektif akan ada di Indonesia berkat Industri 4.0
Industri_7	Filosofi Society 5.0 yang dikembangkan oleh Jepang dapat diterapkan di Indonesia.
SDG Efek Sosial	
SDG_1	Kemiskinan berkurang jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_2	Kelaparan berkurang jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_3	Sistem kesehatan menjadi lebih efektif jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_4	Sistem pendidikan menjadi berkualitas tinggi jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_5	Kesetaraan gender dipastikan jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_6	Peluang untuk memiliki akses ke sumber air bersih yang dapat diminum jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_7	Biaya energi berkurang dengan energi terbarukan jika filosofi Masyarakat 5.0 dipraktikkan di Indonesia.
SDG_8	Masalah pengangguran teratasi jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia.

Item	Pertanyaan
SDG_15	Masyarakat yang lebih menghormati hak-hak hewan ada jika filosofi Masyarakat 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_16	Sistem peradilan yang lebih kuat dan lebih efektif dibangun jika filosofi Masyarakat 5.0 dipraktikkan di Indonesia.
SDG Infrastruktur	
SDG_9	Penemuan dan inovasi dibuat dan infrastruktur internet meningkat jika filosofi Masyarakat 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_10	Hambatan, favoritisme, dan sistem referensi dihilangkan jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_11	Struktur masyarakat yang berkelanjutan terbentuk jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_12	Penurunan jumlah limbah terjadi jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_13	Emisi CO2 berkurang dan lingkungan yang lebih bersih terbentuk jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_14	Kematian ikan di sungai berkurang dan laut dibersihkan seperti dulu jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia
SDG_17	Indonesia mencapai posisi yang lebih kuat dan dapat menjalin kerja sama internasional di berbagai bidang jika filosofi Society 5.0 dipraktikkan di Indonesia

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2023

Berdasarkan tinjauan literatur, dua hipotesis telah ditentukan. Model yang terkait dengan hipotesis tersebut disajikan dalam Gambar 2.

Hipotesis 1 (H1): Pengaruh SDGs terhadap Dampak Sosial mempengaruhi persepsi bahwa Indonesia harus menerapkan Society 5.0 dan Industry 4.0.

Hipotesis 2 (H2): Pengaruh SDGs terhadap Infrastruktur mempengaruhi persepsi bahwa Indonesia harus menerapkan Society 5.0 dan Industry 4.0.

Pemilihan sampel memiliki signifikansi yang besar dalam hal mempresentasikan dan mengkaji suatu topik atau materi secara ilmiah. Karena melibatkan informasi pribadi dan teknis, tampaknya tidak mungkin untuk mengajukan pertanyaan tentang setiap jenis subjek kepada masyarakat umum. Sebagai contoh, informasi terbatas dan dangkal dapat diperoleh ketika masyarakat umum ditanyai pendapat mereka mengenai perangkat dengan kecerdasan buatan dan penggunaannya dalam bidang produksi. Dengan mempertimbangkan hal ini, para akademisi yang bekerja di universitas dipilih sebagai sampel untuk penelitian ini agar mendapatkan informasi yang mendetail dan interpretasi yang akurat tentang Society 5.0 dan Industry 4.0, yang merupakan pendekatan strategis dan melibatkan teknologi tinggi dalam kontennya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan melibatkan para akademisi sesuai dengan alur kehidupan yang wajar. Di dalam Universitas Kafkas, Fakultas Ekonomi dan Ilmu Administrasi, Fakultas Teknik, dan Sekolah Menengah Kejuruan terkait, yang dianggap memiliki tingkat pengetahuan yang lebih tinggi tentang masalah ini, diberikan prioritas.

Universitas X memiliki akademisi yang terlibat dalam penelitian ini. Mereka termasuk 81 profesor, 101 dosen senior, 277 dosen muda, 191 pengajar, dan 237 asisten peneliti (YÖK Yüksekö, 2020). Secara keseluruhan, Universitas Kafkas memiliki 887 karyawan, dan setidaknya 269 dari mereka dapat diambil sebagai sampel, dengan margin kesalahan 5% (Büyüköztürk, et al. 2008). Pada tanggal 14–18 Desember 2020, survei dilakukan dengan melibatkan 335 orang dengan metode sampel acak sederhana. Data demografis yang diperoleh disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Informasi Demografi

Gender	N	%	Pendapatan	N	%
Perempuan	121	35,9	10.636.096-14.209.159,50	157	46,7
Laki-laki	217	64,5	14.225.778,40-17.782.223	72	21,3
Umur			17.798.841,90-21.272.192	60	17,7
20-25	24	6,9	21.288.810,90-24.928.350,00	18	5,2
26-30	44	12,9	>24.928.350,00	33	9,6
31-35	107	31,4	Pengalaman		
36-40	80	23,8	Hingga 5 tahun	104	30,8
41-45	58	16,9	Antara 6–10 tahun	89	26,4
46-55	27	8,8	Antara 11-15 tahun	78	23,1
Rank			Antara 16-20 tahun	40	11,7
Asistan	87	25,8	>21 tahun	29	8,5
Dosen	104	30,9	Pendidikan		
Asisten Prof. Dr	89	26,5	Sarjana	111	32,9
Assoc.Prof.Dr.	28	8,2	Master's Degree	77	22,8
Prof. Dr	33	9,5	Doctor's Degree	150	44,6

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2023

Untuk mengukur apakah data yang diperoleh memiliki distribusi normal, dilakukan uji skewness dan kurtosis. Sampel tersebut memiliki distribusi normal karena nilai skewness dan kurtosis berada di antara +1.96 dan -1.96 (Hair et al., 2019).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Setelah penerapan analisis faktor eksploratori melalui SPSS dalam penelitian ini, tiga pertanyaan dari skala Kelayakan (yaitu, Industry1, Industry5, Industry6), serta empat pertanyaan dari skala SDGs (yaitu, SDG1, SDG2, SDG15, SDG17), yang memiliki faktor load di bawah 0,3, telah dikecualikan. Penghapusan pertanyaan dengan faktor load di bawah 0,3 memungkinkan dilakukannya analisis yang lebih andal dan akurat. Selain itu, dilakukan validasi sampel KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), uji sferisitas Bartlett yang menunjukkan bahwa faktor-faktor yang signifikan dapat diperoleh dari analisis penelitian, dan reliabilitas Cronbach's alpha, dan hasilnya ditampilkan dalam Tabel 3. Hasil-hasil tersebut (yaitu, KMO > 0,60, uji sferisitas Bartlett < 0,05, Cronbach's alpha > 0,60) menunjukkan bahwa data dapat dikenakan uji.

Table 3. Reliability dan Validitas

<i>Variabel</i>	<i>Item</i>	<i>Loading</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>KMO</i>	<i>Barlett's Test of Sphericity (p)</i>
Kelayakan	Industri2	0.904	0.819	0.796	477.507; p < 0.001
	Industri3	0.835			
	Industri4	0.769			
	Industri7	0.663			
	SDG5	0.594			
	SDG6	0.779			
	SDG8	0.766			
	SDG9	0.768			

<i>Variabel</i>	<i>Item</i>	<i>Loading</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>KMO</i>	<i>Barlett's Test of Sphericity (p)</i>
SDG Infrastruktur	SDG10	0.708	0.878	0,928	2749.829; P < 0.001
	SDG11	0.635			
	SDG12	0.801			
	SDG13	0.897			
	SDG14	0.826			
SDG Sosial	SDG3	0.536	0.915		
	SDG4	0.435			
	SDG7	0.489			
	SDG16	0.387			

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2023

Untuk mengungkapkkan keterkaitan hasil yang diperoleh melalui analisis faktor eksploratori, dilakukan pula analisis faktor konfirmatori terhadap skala-skala tersebut. Interpretasi dari analisis faktor konfirmatori dilakukan sesuai dengan kriteria "untuk CMIN/DF $0 < \chi^2/sd \leq 3$ Keterkaitan yang Baik; $3 < \chi^2/sd \leq 5$ Keterkaitan yang Dapat Diterima, untuk TLI $0.95 < TLI \leq 1$ Keterkaitan yang Baik; $0.90 < TLI \leq 0.94$ Keterkaitan yang Dapat Diterima, untuk GFI $0.95 < GFI \leq 1$ Keterkaitan yang Baik; $0.90 < GFI \leq 0.94$ Keterkaitan yang Dapat Diterima, untuk RMSEA $0 \leq RMSEA \leq 0.05$ Keterkaitan yang Baik, $0.05 \leq RMSEA \leq 0.08$ Keterkaitan yang Dapat Diterima. Namun, dijelaskan bahwa nilai keterkaitan NFI (Normed Fit Index) akan sesuai jika $NFI > 0.80$ dalam literatur. Hasil analisis yang dilakukan melalui program AMOS disajikan dalam Tabel 4 dan nilai-nilai tersebut sesuai untuk dilakukan analisis.

Tabel 4. Analisis Faktor Konfirmasi

<i>Skala</i>	<i>X² (df)</i>	<i>TLI</i>	<i>GFI</i>	<i>NFI</i>	<i>RMSEA</i>
Kelayakan	0.409	1.000	0.998	0.997	0.000
SDGs	3.059	0.942	0.928	0.937	0.080

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2023

Untuk menguji hipotesis dan model yang telah dijelaskan, digunakan Structural Equation Modeling (SEM) melalui program Smart PLS (versi 3.3.2). Dalam penggunaan program ini, pertama-tama dilakukan uji reliabilitas. Ditemukan bahwa hasil uji reliabilitas (yaitu Cronbach's alpha > 0.60 , rho_A > 0.70 , composite reliability > 0.70 , AVE > 0.50) adalah sesuai untuk melakukan uji, yang ditampilkan dalam Tabel 5. Validitas diskriminan dan tingkat korelasi cross-loading ditemukan dengan menggunakan tingkat heterotrait-monotrait (HTMT). Nilai HTMT antara SDGs Social Effect dan SDGs Infrastructure adalah 0,833, antara SDGs Social Effect dan Feasibility adalah 0,425, dan antara SDGs Infrastructure dan Feasibility adalah 0,449. Nilai-nilai ini memenuhi kriteria $HTMT < 0,85$.

Tabel 5. Model reliability

<i>Item</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Rho A</i>	<i>Composite Reliability</i>	<i>AVE</i>
SDG Infrastruktur	0.914	0.921	0.933	0.698
SDG Social	0.878	0.878	0.906	0.576
Kelayakan	0.818	0.835	0.881	0.649

Sumber : Data Olahan Peneliti, 2023

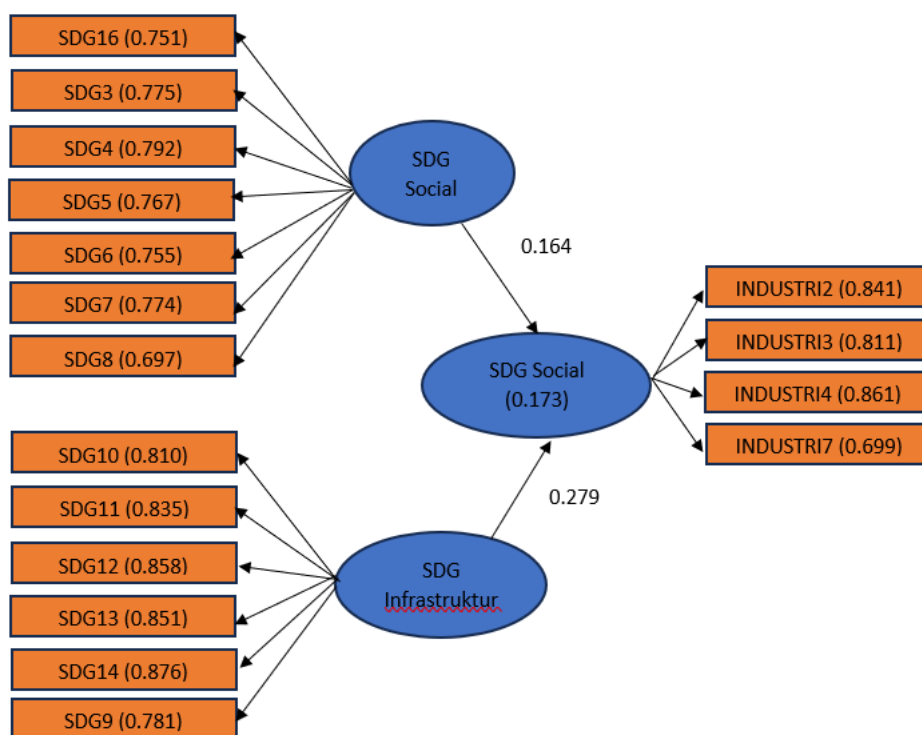
Dalam mengevaluasi model struktural, pertama-tama, nilai q2 ditentukan. Nilai q2 antara SDGs Social Effect dan Feasibility adalah 0,164, dan antara SDGs Infrastructure dan Feasibility adalah 0,279. Karena nilai pengukuran tersebut > 0 , maka diasumsikan bahwa akan ada dampak tingkat rendah. Nilai R² ditemukan sebesar 0,173, yang menunjukkan bahwa terdapat dampak tingkat kepadatan rendah [85]. Indeks koherensi umum analisis adalah sebagai berikut; SRMR = 0,068, d_ULS = 0,705, d_G = 0,275, x-kuadrat = 532,933,

NFI = 0,845 (diterima jika > 0,80) [80–84], dan RMS theta = 0,157. Model ini konsisten dan data terperinci mengenai model tersebut disajikan dalam Gambar 3.

Teknik bootstrapping dengan 5000 resample digunakan untuk mengevaluasi koefisien jalur dan tingkat signifikansinya. Validitas hipotesis diuji dan hasilnya ditampilkan dalam Tabel 6. Sebagai hasilnya, hipotesis H1 ditolak dan hipotesis H2 diterima.

Tabel 6. Hasil Hipotesis

Hipotesis	Hasil Pengaruh	Path Coefficients	t-Value	p-Values	%95 Bca CI	Keterangan
SDG Social - > kelayakan	+	0.164	1.723	0.086	(0.014; 0.327) Sig.	Tidak Berpengaruh
SDG Infrastruktur -> kelayakan	+	0.279	2.941	0.004	(0.005; 0.453) Sig.	Berpengaruh



Gambar 3. Model Validity

Sumber : Gambar Olahan Peneliti, 2023

Pembahasan

Dalam penelitian ini yang menguji dampak dari praktik Society 5.0 yang ada di Jepang sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG), ditemukan bahwa SDG 9–14 memiliki dampak dengan tingkat kepadatan rendah. Meskipun dampak yang sama juga diamati dengan Industry 4.0, ada banyak faktor yang memerlukan dampak Industry 4.0 di Indonesia. Dalam hal ini, hubungan bisnis antara Indonesia dan Jerman

dan jumlah penduduk orang Indonesia di Jerman menyebabkan hubungan komersial dan budaya antara kedua negara menjadi lebih efektif.

Dikenal bahwa beberapa bisnis Indonesia melaksanakan inisiatif Industri 4.0 atas permintaan mitra bisnis Jerman mereka, sementara yang lain membutuhkan investasi (Dil & Esmer, 2020). Untuk 2019, ekspor Indonesia sebesar 16,617 miliar dolar, sementara impor Jerman sebesar 19,280 miliar dolar (Turkstat, 2020). Oleh karena itu, jelas bahwa perusahaan Indonesia telah beralih ke praktik Industri 4.0 untuk mengurangi tekanan biaya dan menghindari kehilangan pasar Jerman. Ditunjukkan bahwa, karena praktik industri 4.0 yang sudah ada di Indonesia, beban faktor yang cukup tidak terbentuk untuk pertanyaan Industry 1 mengenai kelayakan industri 4.0 di Indonesia. Selain itu, pertanyaan mengenai biaya dan potensi produksi (Industri 5–6) dianggap tidak dipahami dengan akurat karena fokusnya pada industri 4.0 dan tingginya biaya. Ketika pertanyaan lain yang tidak memiliki nilai beban faktor yang signifikan dianalisis, tidak dapat mencapai beban faktor yang cukup karena pertanyaan-pertanyaan tersebut terkait erat dengan agenda negara dan pandangan politik. Selama periode ketika survei dilakukan, muncul perdebatan besar terkait kemiskinan dan kelaparan di Majelis Agung Nasional Indonesia (BBB News, 2020). Berita mengenai perlakuan kejam terhadap hewan (Zengin et al, 2021), keputusan sanksi oleh AS terhadap Indonesia, dan rencana serupa Uni Eropa untuk memberlakukan sanksi terhadap Indonesia menunjukkan bahwa para responden menghindari menjawab pertanyaan-pertanyaan yang memiliki konten politik (BBC News, 2020).

Meskipun tujuh pertanyaan yang mencakup masalah sosial yang mendalam di antara SDG (yaitu, SDG 3-8 dan SDG-16), diharapkan memiliki dampak terhadap masyarakat 5.0, hasilnya tidak signifikan. Meskipun pertanyaan-pertanyaan sebenarnya berfokus pada masalah nyata dan luka yang menyakitkan di Indonesia, dampak tersebut dianggap sebagai akibat dari keadaan unik responden. Misalnya, pertanyaan SDG 5 mengukur kesetaraan gender dan merekomendasikan lebih banyak partisipasi perempuan dalam kehidupan perusahaan. Namun, universitas di Indonesia memiliki proporsi perempuan dan laki-laki yang seimbang; dari 175.584 siswa, 79.408 perempuan adalah 45% (Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi Home Page, 2020).

Ada kekurangan yang signifikan ketika keenam pertanyaan (SDG 9-14) yang dianggap berdasarkan masalah infrastruktur diperiksa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masalah infrastruktur yang ditentukan dalam pertanyaan tidak akan berdampak besar pada praktik Industri 4.0 dan Society 5.0. Sebaliknya, diharapkan dampaknya akan lebih rendah atau moderat. Misalnya, praktik Society 5.0 di Indonesia membutuhkan perubahan besar, terutama infrastruktur internet. Menurut pengukuran kecepatan internet yang dilakukan pada tahun 2019 (Sade, 2020), Indonesia berada di peringkat 102, dengan kecepatan internet 5,27 Mbps dalam daftar 207 negara. Kekurangan infrastruktur internet tersebut juga terlihat di seluruh dunia saat ini. Untuk menerapkan praktik Society 5.0, di mana seluruh sistem dibangun di atas sistem internet, penataan infrastruktur internet di Indonesia diperlukan. Selain itu, perlindungan hak paten dan merek dagang sangat penting untuk menciptakan praktik baru di Indonesia.

Meskipun nepotisme dan ketidaksetaraan tidak hanya ada di Indonesia, ada beberapa kelompok yang dikenal istimewa. Menurut sebuah penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat, dokter bedah pria dan wanita menerima kompensasi yang berbeda. Menurut penelitian tersebut, dokter bedah pria memperoleh \$131.252 per tahun berdasarkan jumlah operasi yang dilakukan, sedangkan dokter bedah wanita memperoleh \$62.101 per tahun (Weiss et al, 2018). Dengan mempertimbangkan berapa banyak rektor dan dekan yang ada di Indonesia, dapat disimpulkan bahwa keadaan serupa dialami oleh laki-laki dan perempuan.

Peran pemerintah menjadi lebih penting dalam hal sistem infrastruktur dan praktik dalam banyak skenario yang ada di Society 5.0. Namun, ada banyak ketidakpastian tentang bagaimana usaha kecil dan menengah (UKM) dapat mengikuti transformasi ini. 99,5% produsen Jepang adalah usaha kecil dan menengah. Di departemen dalam negeri, bahkan peralatan dukungan teknis sederhana, seperti koneksi internet dan alat cetak digital, tidak tersedia. Diperlukan persiapan perangkat lunak dan dukungan khusus untuk UKM agar dapat

melakukan prosedur pemesanan, menyusun rencana pesanan, menyiapkan bagian, mengirimkan bagian, dan mengelola semua prosedur akuntansi (Weng, Akasaka & Onari, 2020).

Banyak aplikasi digunakan tanpa perencanaan yang mendalam, yang merupakan salah satu kekurangan Indonesia. Ternyata, praktik tersebut akan diterapkan dengan teknologi mereka sendiri, dan pemerintah Jepang dan Jerman telah mengalokasikan dana untuk mereka. Negara-negara maju di mana ada struktur yang memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri. Ini tidak mungkin untuk Indonesia. Teknologi Jerman dan perusahaan besar di Indonesia menggunakannya (Nazlican & Meçik, 2018). Oleh karena itu, Indonesia harus menetapkan tujuan dan mengejar kemajuan. Indonesia akan kehilangan banyak peluang dan kehilangan potensi sebagai tenaga kerja murah. Ini adalah keunggulannya yang paling besar karena ia berada di belakang daripada menjadi pemimpin atau pengikut.

Rencana pengembangan industri 4.0 bertujuan untuk memprioritaskan produksi industri dan mengembalikan produksi ke Jerman dari negara-negara timur jauh. Ini akan memungkinkan tenaga kerja terampil di Jerman yang merasa tidak kompeten. Pada tahap awal Industri 4.0, tujuannya adalah mengurangi jumlah karyawan manusia dan menggantinya dengan teknologi seperti robot, kecerdasan buatan, dan sensor. Pada tahap kedua, Society 5.0 bertujuan agar teknologi yang digunakan dalam Industri 4.0 dapat digunakan oleh seluruh masyarakat sesuai dengan tujuan SDGs, dan tujuan akan dibuat sesuai dengan itu. Industri 4.0 dan Society 5.0 memiliki kesamaan dalam hal teknologi yang digunakan dan dibuat (Birkel & Müller, 2021). Bisnis diharapkan untuk mengadopsi Industri 4.0 dengan mengubah struktur organisasi mereka untuk mempertahankan keunggulan persaingan mereka dan menyesuaikan diri dengan pasar (Cirillo et al, 2021). Perubahan struktur organisasi memiliki manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan bagi bisnis dan negara (Rahman et al, 2020). Industri 4.0 memiliki banyak keuntungan, termasuk mengurangi emisi karbon, melakukan tindakan daur ulang dan proses daur ulang yang lebih efektif, memproduksi produk yang lebih ramah lingkungan, memberikan lebih banyak kesempatan bagi karyawan untuk berkarir di manajemen daripada pekerjaan berat, dan mengurangi pencemaran karena produksi yang lebih efektif (Müller & Voigt, 2018). Tujuan pengembangan ini adalah untuk membantu orang-orang di Jepang dan Jerman. Dengan cara ini, harga produk yang dibuat di sana akan turun, meningkatkan persaingan dan kepuasan pelanggan. Dampak negatif yang dihasilkan oleh Industri 4.0 dan Society 5.0 akan dirasakan terutama oleh negara-negara berkembang dan kurang berkembang. Bisnis yang telah mengarahkan produksi mereka ke negara-negara seperti Indonesia, Brasil, Cina, Vietnam, dan Bangladesh akan memindahkan produksi mereka kembali ke negara mereka sendiri karena tingginya biaya tenaga kerja. Kondisi persaingan, serta struktur produksi yang lebih cepat, lebih efektif, dan lebih murah, akan menekan perusahaan kecil.

Keterbatasan utama dari penelitian ini terkait dengan dilakukannya penelitian hanya dengan akademisi di sebuah universitas X, Indonesia. Menjadi tidak mungkin untuk mendapatkan informasi dari masyarakat umum karena topiknya yang saat ini dan melibatkan banyak elemen teknologi. Dengan mempertimbangkan hal ini, menyelidiki Society 5.0 dianggap akan memberikan banyak manfaat dalam hal otoritas lokal, usaha kecil dan menengah (UKM), manajemen bencana, manajemen sumber daya manusia, dan pemberdayaan tenaga kerja wanita.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Dampak praktik Society 5.0 di Jepang memiliki hubungan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 9-14 dengan tingkat kepadatan rendah. Meskipun dampak serupa juga diamati dengan Industry 4.0, praktik Industry 4.0 di Indonesia memiliki beberapa faktor yang memerlukan perhatian.

2. Hubungan bisnis antara Indonesia dan Jerman, serta jumlah penduduk orang Indonesia di Jerman, telah meningkatkan hubungan komersial dan budaya antara kedua negara, terutama dalam hal praktik Industry 4.0 untuk mengurangi tekanan biaya dan mempertahankan pasar.
3. Beberapa perusahaan Indonesia melakukan kegiatan Industry 4.0 sesuai permintaan mitra bisnis Jerman mereka, sementara yang lain berinvestasi untuk melaksanakan praktik tersebut. Meskipun nilai ekspor Indonesia cukup tinggi, ada perhatian terhadap nilai impor yang lebih besar dari Jerman, yang menunjukkan pentingnya praktik Industry 4.0 untuk bersaing di pasar internasional.
4. Pertanyaan-pertanyaan yang menyoroti masalah sosial yang intens dan berkaitan dengan SDG 3-8, dan SDG-16, yang seharusnya memiliki pengaruh terhadap Society 5.0, ternyata tidak memiliki dampak yang signifikan dalam penelitian ini.
5. Infrastruktur internet menjadi kekurangan penting dalam mengimplementasikan Society 5.0 di Indonesia. Diperlukan penataan infrastruktur internet dan perlindungan hak paten dan merek dagang untuk menciptakan praktik baru di Indonesia.
6. Dalam banyak skenario dengan Society 5.0, peran pemerintah menjadi lebih menonjol dalam hal sistem infrastruktur dan praktik, tetapi peran usaha kecil dan menengah (UKM) dalam mengikuti transformasi ini menunjukkan ketidakpastian yang besar.
7. Indonesia harus menetapkan tujuan sendiri dan berupaya melakukan pengembangan dan inovasi nasional untuk tidak ketinggalan dalam transformasi Industry 4.0 dan Society 5.0. Hal ini akan membantu Indonesia memanfaatkan potensi sebagai tenaga kerja berbiaya rendah dan meningkatkan daya saingnya di pasar internasional.

Saran untuk penelitian ini:

1. Perlu diperluas cakupan responden dalam penelitian ini untuk mencakup berbagai kelompok masyarakat, bukan hanya akademisi universitas. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang pandangan dan peran berbagai elemen masyarakat dalam menghadapi tantangan dan peluang yang ditawarkan oleh Society 5.0.
2. Studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi dampak Industry 4.0 di Indonesia dan bagaimana hal tersebut dapat diatasi untuk meningkatkan keberhasilan praktik tersebut.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mengapa pertanyaan-pertanyaan yang terkait dengan isu-isu sosial yang intens tidak memiliki dampak signifikan dalam penelitian ini. Kemungkinan ada variabel lain yang perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap.
4. Penting untuk menganalisis lebih dalam mengenai bagaimana Indonesia dapat memanfaatkan potensi sebagai tenaga kerja berbiaya rendah dalam transformasi Society 5.0, serta bagaimana hal tersebut dapat meningkatkan kesejahteraan dan daya saing negara.
5. Penelitian lanjutan dapat fokus pada solusi dan rekomendasi konkret untuk mengatasi kekurangan infrastruktur internet dan masalah lainnya dalam mengimplementasikan Society 5.0 di Indonesia. Dukungan dari pemerintah dan sektor swasta akan menjadi kunci untuk mencapai tujuan ini.
6. Pemahaman lebih lanjut tentang peran dan kontribusi UKM dalam Society 5.0 akan membantu untuk merancang kebijakan yang lebih efektif dan inklusif untuk mendukung transformasi digital di Indonesia.
7. Penting untuk memperkuat upaya pengembangan dan inovasi nasional di Indonesia agar negara ini dapat menjadi pemimpin dalam penerapan Society 5.0 dan Industri 4.0 serta mendapatkan manfaat maksimal dari transformasi teknologi ini.

REFERENSI

- Aust, V., Morais, A. I., & Pinto, I. (2020). How does foreign direct investment contribute to Sustainable Development Goals? Evidence from African countries. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118823.
- BBB News. (2020). Sahin Tin. Meclis'te "kuru ekmek" tartısmasında kim ne dedi? BBC News Türkçe.
- BBC News. (2020). ABD yatırımlarının savunma sanayisine etkisi: "Üretim ve ihracat olumsuz etkilenebilir.". BBC News Türkçe.
- Bedolla, J.S., D'Antonio, G., Chiabert, P. (2017). A Novel Approach for Teaching IT Tools within Learning Factories. *Proc. Manuf.*, 9, 175–181
- Biggeri, M., Clark, D. A., Ferrannini, A., & Mauro, V. (2019). Tracking the SDGs in an 'integrated' manner: A proposal for a new index to capture synergies and trade-offs between and within goals. *World development*, 122, 628-647.
- Birkel, H., & Müller, J. M. (2021). Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability—A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125612.
- Byerlee, D., & Fanzo, J. (2019). The SDG of zero hunger 75 years on: Turning full circle on agriculture and nutrition. *Global Food Security*, 21, 52-59.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2008). Bilimsel araştırma yöntemleri.
- Campagnolo, L., & Davide, M. (2019). Can the Paris deal boost SDGs achievement? An assessment of climate mitigation co-benefits or side-effects on poverty and inequality. *World Development*, 122, 96-109.
- Calvo, T., Razafindrakoto, M., & Roubaud, F. (2019). Fear of the state in governance surveys? Empirical evidence from African countries. *World Development*, 123, 104609.
- Chen, M., Sinha, A., Hu, K., & Shah, M. I. (2021). Impact of technological innovation on energy efficiency in industry 4.0 era: Moderation of shadow economy in sustainable development. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120521.
- Cervelló-Royo, R., Moya-Clemente, I., Perelló-Marín, M. R., & Ribes-Giner, G. (2020). Sustainable development, economic and financial factors, that influence the opportunity-driven entrepreneurship. An fsQCA approach. *Journal of Business Research*, 115, 393-402.
- Cirillo, V., Rinaldini, M., Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2021). Technology vs. workers: the case of Italy's Industry 4.0 factories. *Structural change and economic dynamics*, 56, 166-183.
- Dantas, T. E. T., de-Souza, E. D., Destro, I. R., Hammes, G., Rodriguez, C. M. T., & Soares, S. R. (2021). How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 213-227.
- Dil, E., & Esmer, A. H. (2020). FİRMALARIN ENDÜSTRİ 4.0 STRATEJİLERİNE DAİR BİR ARAŞTIRMA. *Stratejik Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 85-110.
- Fehri, R., Khlifi, S., & Vanclooster, M. (2019). Disaggregating SDG-6 water stress indicator at different spatial and temporal scales in Tunisia. *Science of the total environment*, 694, 133766.
- Goh, S. K., & McNown, R. (2020). Macroeconomic implications of population aging: Evidence from Japan. *Journal of Asian Economics*, 68, 101198.
- Heller, P. S. (2016). The challenge of an aged and shrinking population: Lessons to be drawn from Japan's experience. *The Journal of the economics of Ageing*, 8, 85-93.
- Horn, P., & Grugel, J. (2018). The SDGs in middle-income countries: Setting or serving domestic development agendas? Evidence from Ecuador. *World Development*, 109, 73-84.
- Kansha, Y., & Ishizuka, M. (2019). Design of energy harvesting wireless sensors using magnetic phase transition. *Energy*, 180, 1001-1007.

- Lamichhane, S., Eğılmez, G., Gedik, R., Bhutta, M. K. S., & Erenay, B. (2021). Benchmarking OECD countries' sustainable development performance: A goal-specific principal component analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125040.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23. 3, 18–23.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of industrial information integration*, 6, 1-10.
- Ma, W., de Jong, M., de Bruijne, M., & Mu, R. (2021). Mix and match: Configuring different types of policy instruments to develop successful low carbon cities in China. *Journal of Cleaner Production*, 282, 125399.
- Murakami, T., Kishi, Y., Ishibashi, K., Kasai, K., Shinbo, H., Tamai, M., ... & Sotoyama, T. (2020, May). Research project to realize various high-reliability communications in advanced 5G network. In *2020 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)* (pp. 1-8). IEEE.
- Miśkiewicz, R., & Wolniak, R. (2020). Practical application of the Industry 4.0 concept in a steel company. *Sustainability*, 12(14), 5776.
- McKay, V. I. (2020). Learning for development: Learners' perceptions of the impact of the Kha Ri Gude Literacy Campaign. *World Development*, 125, 104684.
- Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2018). Sustainable industrial value creation in SMEs: A comparison between industry 4.0 and made in China 2025. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5, 659-670.
- Nam-Chol, O., & Kim, H. (2019). Towards the 2 C goal: achieving sustainable development goal (SDG) 7 in DPR Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104412.
- Nazlıcan, B. D., & Meçik, O. (2018). Türkiye'de Endüstri 4.0 in Isgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri. Süleyman Demirel Univ. *Iktis. Idari Bilim. Fak. Derg.*, 23, 1581-1606.
- O'donovan, P., Gallagher, C., Bruton, K., & O'Sullivan, D. T. (2018). A fog computing industrial cyber-physical system for embedded low-latency machine learning Industry 4.0 applications. *Manufacturing letters*, 15, 139-142.
- Okafor-Yarwood, I. (2019). Illegal, unreported and unregulated fishing, and the complexities of the sustainable development goals (SDGs) for countries in the Gulf of Guinea. *Marine Policy*, 99, 414-422.
- Opoku, A. (2019). Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs). *Resources, conservation and recycling*, 141, 1-7.
- Planları, K. (2022). TC Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. *Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari>*.
- Roblek, V., Meško, M., Bach, M.P., Thorpe, O., Šprajc, P. (2020). The Interaction between Internet, Sustainable Development, and Emergence of Society 5.0., Vol. 5, 80.
- Rathee, G., Sharma, A., Kumar, R., & Iqbal, R. (2019). A secure communicating things network framework for industrial IoT using blockchain technology. *Ad Hoc Networks*, 94, 101933.
- Rai, S. M., Brown, B. D., & Ruwanpura, K. N. (2019). SDG 8: Decent work and economic growth—A gendered analysis. *World Development*, 113, 368-380.
- Rahman, S. M., Perry, N., Müller, J. M., Kim, J., & Laratte, B. (2020). End-of-life in industry 4.0: ignored as before?. *Resources, conservation and recycling*, 154, 104539.
- Rozhenkova, V., Allmang, S., Ly, S., Franken, D., & Heymann, J. (2019). The role of comparative city policy data in assessing progress toward the urban SDG targets. *Cities*, 95, 102357.
- Sala, S., & Castellani, V. (2019). The consumer footprint: Monitoring sustainable development goal 12 with process-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118050.
- Sade, G. (2020). Ülkelerin İnternet Hızı Sıralaması: Türkiye 102. Basama ğa Geriledi. Available online: <https://tr.euronews.com/2019/08/16/ulkelerinde-internet-hizi-sralamasi-turkiye-102-basamaga-geriledi-zirvede-tayvan-var>

- Santos, M. Y., e Sá, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., ... & Galvão, J. (2017). A big data system supporting bosch braga industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750-760.
- Turkey Statistical Institute (TURKSTAT) Home Page (2020). Available online: <https://www.tuik.gov.tr/Home/Index>.
- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. Birleşmiş Milletler Teşkilatı ve Türkiye. (2020). Available online: <http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-teskilati-ve-turkiye.tr.mfa>
- Wakunuma, K., Jiya, T., & Aliyu, S. (2020). Socio-ethical implications of using AI in accelerating SDG3 in Least Developed Countries. *Journal of Responsible Technology*, 4, 100006.
- Weiss, A., Parina, R., Tapia, V. J., Sood, D., Lee, K. C., Horgan, S., ... & Ramamoorthy, S. L. (2018). Assessing the domino effect: female physician industry payments fall short, parallel gender inequalities in medicine. *The American Journal of Surgery*, 216(4), 723-729.
- Weng, J., Mizoguchi, S., Akasaka, S., & Onari, H. (2020). Smart manufacturing operating systems considering parts utilization for engineer-to-order production with make-to-stock parts. *International Journal of Production Economics*, 220, 107459.
- Yount, K. M., Crandall, A., & Cheong, Y. F. (2018). Women's age at first marriage and long-term economic empowerment in Egypt. *World development*, 102, 124-134.
- YÖK Yükseköğretim Kurulu. (2020). Available online: <https://akademik.yok.gov.tr/AkademikArama/view/searchResultviewListAutorAndUniversities.jsp>
- Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi Home Page. (2020). Available online: <https://istatistik.yok.gov.tr/>
- Zengin, Y., Naktiyok, S., Kaygın, E., Kavak, O., & Topçuoğlu, E. (2021). An investigation upon industry 4.0 and society 5.0 within the context of sustainable development goals. *Sustainability*, 13(5), 2682.