

PERKEMBANGAN KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI DALAM HUMAN ROBOT COLLABORATION

Krishna Tri Sanjaya¹, Wahyudi Sutopo²

¹Program Studi Teknik Industri Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

^{1,2}Program Studi Program Doktor Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta

E-mail: krishnatrisanjaya80@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted:
June 29, 2024

Accepted:
July 18, 2024

Published:
July 31, 2024

ABSTRACT

The industrial revolution has made the industrial world develop and progress to this day. This development is in line with advances in industrial technology and human civilization. One aspect of work is human and machine interaction, where workers will always interact with equipment in the work system. Human robot collaboration is an advancement in the industrial world where robots synergize with humans for the same goal, namely creating a work system that is more effective, comfortable, safe, healthy and efficient in accordance with ergonomic principles. Human robot collaboration is becoming increasingly sophisticated with the use of advances in information technology, of course this is increasingly easing the workload and increasing productivity, but this progress needs to be addressed wisely because it is related to human sustainability and welfare because the use of human robot collaboration will increasingly shift the role of humans.

Keywords:

*Human Machine Interaction
Human Robot Collaboration
Industrial Revolution*

Kata Kunci:

Interaksi Manusia Mesin
kolaborasi Manusia Robot
Revolusi Industri

ABSTRAK

Revolusi industri telah membuat perkembangan dan kemajuan dunia industri hingga saat ini. Perkembangan itu sejalan dengan kemajuan teknologi industri dan peradaban manusia. Salah satu aspek dalam pekerjaan adalah interaksi manusia dan mesin, dimana pekerja akan selalu berinteraksi dengan peralatan dalam sistem kerja. *Human robot collaboration* adalah sebuah kemajuan dalam dunia industri Dimana robot bersinergi dengan manusia untuk tujuan yang sama yaitu menciptakan sistem kerja yang lebih efektif,nyaman,aman,sehat dan efisien(ENASE) sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi. *Human robot collaboration* semakin canggih dengan pemanfaatan kemajuan dari teknologi informasi, tentu saja hal ini semakin meringankan beban kerja dan meningkatkan produktifitas akan tetapi kemajuan ini perlu disikapi dengan bijak karena terkait dengan keberlangsungan dan kesejahteraan manusia sebab pemanfaatan *human robot collaboration* akan semakin menggeser peran manusia

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Krishna Tri Sanjaya
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas PGRI
Ronggolawe Tuban
Jalan Manunggal No. 61, Kota Tuban, Jawa Timur, Indonesia.
Email: krishnatrisanjaya80@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Persaingan dunia usaha saat ini semakin ketat, oleh karena itu, semakin banyak pesaing yang berusaha memuaskan pelanggannya. Dalam dunia industri, kebutuhan akan produk yang berbeda semakin meningkat dan perusahaan harus memenuhi permintaan tersebut. Semakin meningkatnya produksi perusahaan juga harus mempertimbangkan kenyamanan dan kesehatan pekerja. Ada beberapa faktor yang perlu dilakukan pertimbangan, seperti desain tempat kerja untuk meningkatkan produktivitas. Faktor-faktor ini diperlukan untuk melindungi karyawan dari masalah kesehatan dan kecelakaan yang dapat terjadi pada jam kerja. Oleh karena itu, tempat kerja harus dirancang sesuai dengan aspek ergonomi [1]

Peningkatan volume produksi menjadi salah satu tantangan utama di sektor industri untuk waktu yang lama. Selama beberapa dekade, penggunaan robot di seluruh dunia menunjukkan bahwa robot industri tradisional sangat cocok untuk produksi massal. Namun, tantangan yang dihadapi industri saat ini adalah bukan hanya tentang kapasitas produksi tetapi lebih kuat lagi terkait dengan fleksibilitas, penyesuaian, dan ergonomi [2]. Tujuan dari ergonomi adalah untuk mencapai hubungan yang optimal antara karyawan dan lingkungan kerjanya. Faktor-faktor yang bertentangan harus dipertimbangkan untuk dapat mencapai titik optimal. Di satu sisi, manajer dan perusahaan memerlukan tingkat efisiensi dan efisiensi tertinggi produktivitas, dan di sisi lain, karyawan memerlukan tempat kerja yang nyaman dan aman yang menjamin kesehatan dan kesejahteraan mereka [3].

Revolusi Industri Pertama dimulai di Inggris sekitar tahun 1750–1760 dan berlangsung hingga sekitar tahun 1820 dan 1840. Ini adalah salah satu titik balik yang paling menonjol dalam peradaban manusia. Pada periode ini penggunaan tenaga kerja manusia dan hewan bertransformasi menjadi mesin [4]. Perkembangan teknik industri telah mengalami perjalanan dimulai sejak penemuan mesin uap yang merubah paradigma penggunaan tenaga manusia dan hewan menuju pada penggunaan mesin. Dunia industri telah mengalami revolusi hingga sekarang, penggunaan mesin atau peralatan konvensional di era awal revolusi industri dan sekarang sudah banyak menggunakan mesin otomatis, hal ini tentu saja dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan dan meningkatkan produktivitas. Kolaborasi manusia dan mesin menjadi pilar yang penting dalam era revolusi industri 4.0. perancangan stasiun kerja integrasi manusia dan mesin memanfaatkan kecerdasan buatan, *internet of things* robotika dan otomatisasi menciptakan tempat kerja menjadi lebih efisien, aman sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi [5]

Industri manufaktur semakin berkembang dikarenakan semakin banyak Perusahaan yang memanfaatkan kolaborasi manusia robot. Kolaborasi manusia robot adalah sebuah sistem kerjasama dalam menyelesaikan pekerjaan antara manusia dan robot yang mempunyai kemampuan untuk bekerja dengan efektif dan efisien [6]. Salah satu aspek penting dari perkembangan industri saat ini adalah kolaborasi manusia-robot (HRC), yang melibatkan kolaborasi antara pekerja manusia dan robot untuk meningkatkan efisiensi, fleksibilitas, dan produktivitas. Dalam hal ini, sangat penting untuk mengevaluasi dampak HRC pada kesehatan manusia operator, dengan mempertimbangkan aspek mental dan fisik [7].

kolaborasi manusia dengan robot terdiri atas tiga jenis sebagai berikut : 1. manusia sebagai pengontrol robot sepenuhnya. 2. manusia sebagai manager dari operator robot. 3. manusia dan robot berada dalam kesetaraan. Interaksi yang paling dasar antara manusia dengan robot adalah interaksi yang menempatkan manusia sebagai pengontrolan gerakan robot sepenuhnya dalam hal ini biasanya robot tidak memiliki kemampuan untuk melakukan sendiri segala Gerakan [8].

2. METODE PENELITIAN

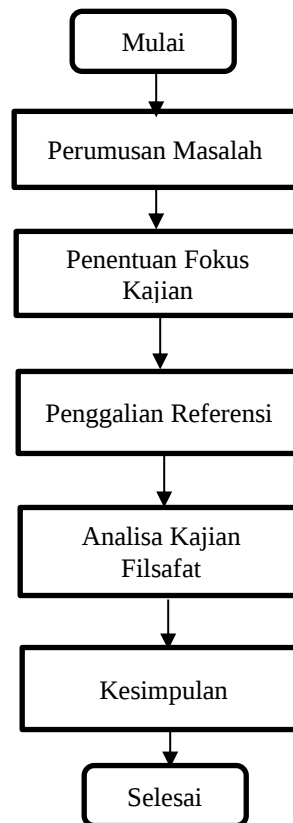
Metode pada artikel ini menggunakan metode kualitatif dengan topik *human-machine interaction* dan *human robot collaboration* dengan tahapan pengetahuan :

1. Perumusan masalah
Merumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam artikel ini adalah *Human Robot Collaboration*
2. Penentuan fokus kajian
Fokus kajian dalam artikel ini adalah perkembangan keilmuan ergonomi dalam bidang *Human Robot Collaboration* seiring perkembangan Revolusi Industri
3. Penggalan referensi
Dalam artikel ini penggalan referensi dari jurnal dan prosiding nasional dan internasional dengan tema *Human Robot Collaboration*
4. Analisis kajian filsafat
Melakukan kajian sudut pandang filsafat ilmu perkembangan *Human Robot Collaboration* dari aspek ontologis, epistemologis dan aksiologis.

5. kesimpulan

Pada tahap kesimpulan menjelaskan hasil dari kajian perkembangan *Human Robot Collaboration* pada perkembangan revolusi industri serta dampaknya pada sektor industri.

Langkah-langkah metode penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 1 :



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Human Robot Collaboration*

Revolusi industri Pertama dianggap sebagai titik balik besar dalam sejarah dunia karena berdampak pada hampir setiap aspek kehidupan sehari-hari di seluruh dunia. Dampak positif dan negatif revolusi industri juga dibahas. Keempat revolusi industri dapat diringkas sebagai berikut: industri pertama revolusi (Mekanis) menggunakan air dan uap untuk mekanisasi produksinya, yang kedua (Listrik) menggunakan energi listrik untuk membuat produksi massal, yang ketiga (Otomatis) digunakan elektronik dan teknologi informasi untuk mengotomatisasi produksi dan yang keempat (Digitalisasi) menggunakan informasi dan teknologi komunikasi [9]. Revolusi industri merubah dunia industri menjadi lebih modern. Proses produksi menjadi lebih cepat dengan otomatisasi dan digitalisasi [10]. *Human robot interaction* adalah kolaborasi manusia-robot, kedua entitas beroperasi di ruang kerja yang sama dan bekerja sama dalam suatu tugas [11][12]. Kolaborasi manusia-robot telah menjadi topik penelitian yang semakin populer dalam bidang robotika. Dalam beberapa tahun terakhir perkembangan teknologi manusia-robot telah memberikan kemajuan yang signifikan dalam ilmu pengetahuan dan kehidupan manusia, di mana manusia dapat berkolaborasi dan berinteraksi dengan robot dalam menyelesaikan tugas atau pekerjaan. Topik *human robot collaboration* telah banyak dibahas dalam dunia industri dan akademik, masih ada perdebatan karena perbedaan sudut pandang banyak pihak yang intepretasikan sejauh mana pembagian tugas dan batas *human robot collaboration* [13].

Pergeseran paradigma dalam praktik sistem manufaktur otomatis modern telah terjadi penggunaan robot secara dominan. Namun perubahan ini bertentangan dengan prinsip industri keberlanjutan. Industri yang berkelanjutan berfokus pada kesejahteraan manusia, yang memerlukan berbagai tujuan dan tanggung jawab dalam aspek sosial. Dalam hal ini, manusia mempunyai peran yang penting dalam industri yang berkelanjutan karena kelebihanannya, seperti fleksibilitas dalam proses kognitifnya. Praktik manufaktur berkelanjutan dapat dikaitkan dengan pemberdayaan manusia dalam aspek sosial. Dalam hal ini, pekerja manusia memainkan peran penting dalam praktik manufaktur berdasarkan keuntungan yang diberikan. Sejauh ini, proses penyesuaian diyakini sedang berlangsung signifikan dalam menjaga penerapan berkelanjutan dari sistem manufaktur modern. Oleh karena itu, kolaborasi antara manusia dan robot memberikan upaya yang efektif untuk mencapai praktik manufaktur yang berkelanjutan [14]. Perkembangan revolusi industri dan teknologi dalam bidang *Human Robot Collaboration* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Revolusi Industri dengan perkembangannya

Periode	Perkembangan	Teknologi
Revolusi Industri I	pergeseran dari tenaga manusia hingga didominasi oleh permesinan dan berdampak pada industri seperti pertambangan, tekstil, pertanian, kaca, dan lain-lain	Produksi masaa dengan mesin
Revolusi Industri II	Revolusi ini merupakan periode pertumbuhan ekonomi yang menyebabkan peningkatan produktivitas bisnis lonjakan pengangguran karena mesin menggantikan pabrik pekerja.	<i>Assembly line machine</i>
Revolusi Industri III	Titik sentral dari fase khusus ini adalah otomatisasi produksi massal dan penggunaan logika digital, chip sirkuit terpadu; teknologi turunan termasuk komputer, seluler digital telepon, dan internet	<i>Automation IT system</i>
Revolusi Industri IV	sebuah kesatuan antara aset fisik dan teknologi canggih, digitalisasi, keputusan berdasarkan data	<i>Artificial Intelegence Internet of hings Big data</i>
Revolusi Industri V	manusia dan mesin bekerja sama, meningkatkan efisiensi produksi industri. Pekerja manusia dan robot universal meningkatkan produktivitas industri manufaktur	<i>Cyber-Physical Cogniive System Green Manufacturing Cultural Collaboration Mass Customizatin Advance robotics</i>

Sumber: Amr adel (2022) [15]

3.2 Klasifikasi dan kerangka konsep *Human Robot Collaboration*

interaksi antara manusia dan robot bisa bersifat luas dikategorikan menjadi empat tipe utama [16] :

a. *Coexistensi interaction*

Interaksi ini mengacu pada skenario dimana operator manusia dan robot mengerjakan tugas yang berbeda di ruang kerja yang berbeda

b. *Synchronization interaction*

Jenis interaksi antara manusia dan robot melibatkan skenario di mana operator manusia dan robot berbagi ruang kerja yang sama, tetapi bekerja pada waktu yang berbeda secara berurutan

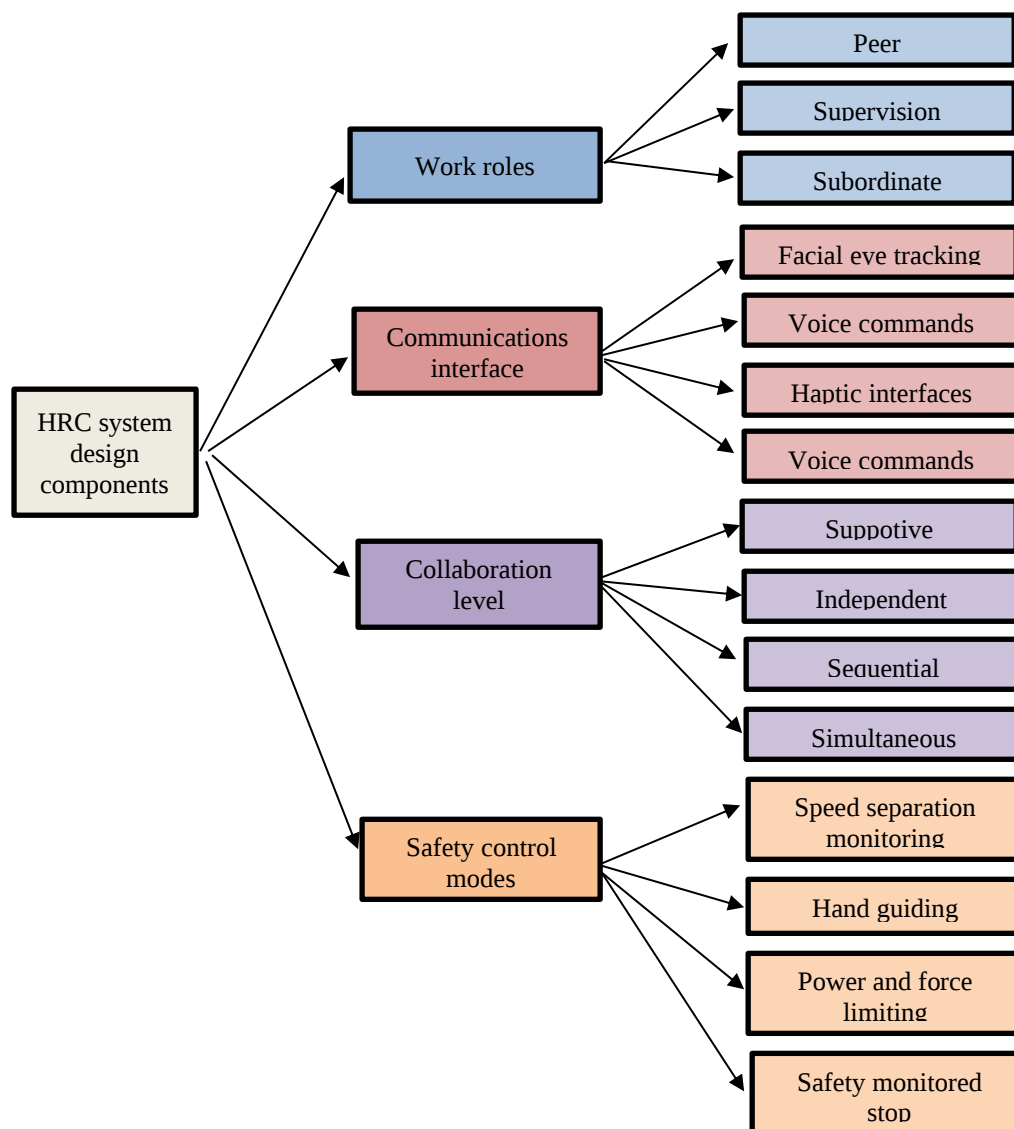
c. *Cooperation interaction*

Jenis interaksi mengacu dimana operator manusia dan robot bekerja pada saat yang sama menuju tujuan bersama tetapi memiliki kepentingan yang berbeda. Keduanya mempunyai akses terhadap sumber daya, teknologi dan informasi yang sama, tetapi tidak ada hubungan langsung di antara keduanya

d. *Collaboration inetraction*

Tipe kolaborasi ini dimana manusia sebagai operator dan robot bekerja untuk tujuan bersama di ruang kerja yang sama di waktu yang sama. Interaksi jenis ini lebih maju dibandingkan interaksi kerjasama yang lain dan membutuhkan koordinasi dan komunikasi tingkat tinggi antar manusia operator dan robot

Kolaborasi dalam sistem *Human Robot Collaboration* memungkinkan operator memberikan dampak pada proses produksi yang efisien dan fleksible. Sistem HRC dapat diklasifikasikan menjadi beberapa aspek utama yaitu *Collaboration Level*, *Work Roles*, *Communication Interface*, *Safety Control Modes* seperti digambarkan pada gambar 2



Gambar 2 : Klasifikasi komponen struktural HRC sistem
 Sumber : (Otman,2023)[16]

Perkembangan teknologi informasi dan digital saat ini sangat mempengaruhi perkembangan pesat sektor industri. 10 teknologi informasi yang berkembang saat ini : *internet of things, artificial intelegence, 5G,AR/VR, serverless computing,block chain, biometrics,natural language processing, quantum computing,robotics*, dari teknologi tersebut *artificial intelegence* dan *robotics* yang paling berkembang pesat pada sektor industri [17]

Di antara berbagai teknologi yang memungkinkan robot kolaboratif atau cobot, adalah jenis robot dirancang untuk bekerja sama dengan operator berkat mekanisme jaminan keselamatan dan interaksi intuitif teknologi. Robot kolaboratif bertujuan untuk meningkatkan kinerja produksi dan kondisi kerja operator dengan menyesuaikan kapasitas mesin pada umumnya, seperti kemampuan pengulangan, akurasi, tenaga, dan muatan dengan keterampilan manusia, misalnya fleksibilitas, kecerdasan, kemampuan memecahkan masalah, kemampuan beradaptasi, dan pengambilan keputusan. Kelebihan utama robot kolaboratif adalah kemampuan berinteraksi secara aman dengan manusia, meningkatkan kondisi kerja operator, pengurangan risiko dalam pelaksanaan tugas-tugas berbahaya, penggunaan area produksi yang lebih baik, peningkatan aksesibilitas ruang kerja, peningkatan kualitas produk dan proses, penggunaan tenaga kerja terampil yang lebih baik, dan akhirnya peningkatan fleksibilitas [12]. Beberapa penelitian fokus interaksi pada eksplorasi sisi kognitif. Salah satu jenis interaksi kognitif yang paling menonjol di HRC adalah perakitan kolaboratif. Dalam kategori ini, pengguna harus merakit objek yang lebih kompleks melalui sub-proses yang berurutan. Robot harus membantu pengguna dalam pekerjaannya. Dalam hal ini, penting bagi robot untuk memahami keinginan pengguna [18].

Sistem robotik industri tradisional memerlukan pelindung yang ketat dan keselamatan peralatan yang mengurangi fleksibilitas sekaligus meningkatkan biaya dan ruang yang dibutuhkan. Namun pasar saat ini meminta pengurangan waktu tunggu dan penyesuaian massal, sehingga menerapkan fleksibilitas dan multiguna. Sistem perakitan Kebutuhan ini umum terjadi pada usaha kecil dan menengah (UKM). Robot kolaboratif (cobot) mewakili evolusi alami yang dapat memecahkan masalah yang ada tantangan dalam tugas manufaktur dan perakitan, karena memungkinkan interaksi fisik dengan manusia di ruang kerja bersama; terlebih lagi, mereka dirancang agar mudah diprogram ulang digunakan kembali untuk peran yang berbeda dalam alur kerja yang terus berkembang. Pilihan terhadap sistem kolaboratif manusia-robot sebagian besar ditentukan oleh faktor ekonomi motivasi, kesehatan kerja (ergonomi dan faktor manusia), dan efisiensi penggunaan area kerja. Keuntungan lainnya adalah penyederhanaan dalam pemrograman robot untuk tindakan yang perlu dilakukan sebuah tugas [19]. Pengembangan kerangka konsep **human robot collaborative** dalam industri industri 5.0 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 : Kerangka kerja konseptual *human robot collaborative*
Sumber : Mary Doyle-kent (2021) [10]

Saat ini, teknologi digital canggih telah berkembang di seluruh dunia dengan kecepatan tinggi. Sebaliknya, industri dan dunia usaha menghadapi banyak kesulitan dan hambatan dalam menerapkan teknologi canggih teknologi untuk mengajarkan perubahan perilaku. Industri harus bekerja dengan kecepatan tinggi untuk mendapatkan momentumnya, untuk menaklukkannya dengan teknologi canggih berkecepatan tinggi ini. Revolusi industri saat ini sedang menuju ke Industri 6.0 merupakan konvergensi berbagai ide yang dihasilkan dalam jutaan pikiran para pemimpin, ilmuwan, prediktor, dan peneliti. Industri 6.0 adalah satu langkah lebih jauh dari industri 4.0 dan industri 5.0, dimana masing-masing operasinya akan dikendalikan oleh pikiran manusia dan dilakukan oleh robot otomatis. Perkembangan ini menggabungkan kecerdasan manusia, kecerdasan buatan, *cloud computing energy, big data, komputasi kuantum* [20]

3.3 Kajian Filsafat Ilmu Dalam *Human Robot Collaboration*

Ilmu pengetahuan adalah rumusan pengetahuan manusia tentang alam semesta yang disajikan lewat formulasi yang sistematis dan rasional yang didasari rasa keingintahuan manusia. Pengembangan ilmu pengetahuan dilatarbelakangi oleh pilar penyangga dalam filsafat ilmu terdiri dari yaitu Ontologi, Epistemologi dan Aksiologi [21]. Kajian bidang filsafat ilmu yang dilakukan pada artikel ini mengikuti kaidah filsafat ilmu, meliputi aspek: ontologi, epistemologi dan aksiologi. Kajian dari aspek ontologi dalam artikel ini terkait fokus kajian manusia dan mesin yang merupakan bagian dari sistem integral secara terstruktur dalam hal ini *human robot collaboration*. Kajian aspek epistemologi terkait dengan pendekatan yang sistematis, analisis, sintesis dan desain. Dalam aspek ini bagaimana mengkaji perancangan robot yang bisa bekerja seperti manusia dengan keterbatasannya baik dalam aspek fisik maupun kognitif dengan memanfaatkan teknologi informasi seperti *Artificial Intelligence*, *Internet of Things*, *Big Data* dll. Kajian aspek aksiologi membahas mengenai manfaat dari *human robot collaboration*, bahwa penggunaan teknologi *human robot collaboration* dapat meningkatkan produktivitas, efektifitas dan efisiensi dalam industri dan keberlangsungan kehidupan manusia tanpa menggeser peran manusia dalam sistem integral.

4. KESIMPULAN

1. Filsafat ilmu sebagai landasan filosofi dalam memahami berbagai konsep ilmu pengetahuan dan teknologi dan membekali kemampuan untuk membangun teori ilmiah
2. Kemajuan peradaban manusia di bumi ini ditandai dengan terjadinya Revolusi Industri yang berlangsung selama beberapa tahap seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
3. Revolusi industri terjadi dari hasil proses berpikir manusia hingga dapat menciptakan sebuah teknologi yang dapat merubah dunia industri dampaknya membawa perubahan yang semakin menggeser peran manusia sehingga manusia juga harus bijak menyikapi dari perkembangan teknologi yang semakin cepat dan canggih.
4. Konsep *Human Robot Collaboration* bukan bertujuan untuk menggantikan peran manusia dalam proses manufaktur akan tetapi sebagai partner karena manusia merupakan bagian dari sistem integral.
5. Artikel ini membahas *Human Robot Collaboration* dengan meninjau beberapa literatur dengan tema tentang *Human Robot Collaboration*. Untuk hasil yang lebih baik, rinci dan jelas disarankan dengan menggunakan tinjauan literatur yang lebih sistematis dengan seperti analisis *bibliometric*, *publih or perish*, *VOSviewer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.-C. Anghel, E.-L. Nițu, A.-D. Rizea, A. Gavriluță, A. Gavriluță, and N. Belu, "Ergonomics study on an assembly line used in the automotive industry", doi: 10.1051/mateconf/20192.
- [2] A. Keshvarparast, D. Battini, O. Battaia, and A. Pirayesh, "Collaborative robots in manufacturing and assembly systems: literature review and future research agenda," *Journal of Intelligent Manufacturing*. Springer, Jun. 01, 2023. doi: 10.1007/s10845-023-02137-w.
- [3] M. A. Abdous, X. Delorme, D. Battini, F. Sgarbossa, and S. Berger-Douce, "Assembly line balancing problem with ergonomics: a new fatigue and recovery model," *Int J Prod Res*, vol. 61, no. 3, pp. 693–706, 2023, doi: 10.1080/00207543.2021.2015081.
- [4] H. Assistant Professor and H. Kumar Mohajan, "The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era," 2019.
- [5] Nur Asida. Abi Yusuf, "Kolaborasi Manusia Dan Sumber Daya Robotik Menuju Masa Depan Manufaktur Berkelanjutan Industri 5.0," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, pp. 2504–2516, 2024.
- [6] Hendriawan Putra. I Kadek Agus, "IMPLEMENTASI COLLABORATIVE ROBOTS ARTIFICIAL INTELLIGENCE PADA OTOMATISASI INSPEKSI KENDARAAN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA," *Jurnal Riset dan Aplikasi Teknk Industri*, vol. 1, no. 4, pp. 22–28, Aug. 2023.
- [7] M. Meregalli Falerni et al., "A framework for human–robot collaboration enhanced by preference learning and ergonomics," *Robot Comput Integr Manuf*, vol. 89, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.rcim.2024.102781.

-
- [8] M. Yusvin Mustar, P. I. Santosa, R. Hartanto, J. Teknik, and E. Dan, “PERANCANGAN MODEL INTERAKSI MANUSIA DAN ROBOT DALAM BENTUK TAMPILAN VISUAL PADA KOMPUTER,” 2014.
 - [9] P. P. Groumpos, “A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions,” in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., 2021, pp. 464–471. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.10.492.
 - [10] M. Doyle-Kent and P. Kopacek, “Adoption of collaborative robotics in industry 5.0. An Irish industry case study,” in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., 2021, pp. 413–418. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.10.483.
 - [11] J. Berg, A. Lottermoser, C. Richter, and G. Reinhart, “Human-Robot-Interaction for mobile industrial robot teams,” in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2019, pp. 614–619. doi: 10.1016/j.procir.2019.02.080.
 - [12] D. S. Valentina, V. Di Pasquale, V. Giubileo, and S. Miranda, “Human-Robot Collaboration: An analysis of worker’s performance,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., May 2022, pp. 1540–1549. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.355.
 - [13] S. Hjorth and D. Chrysostomou, “Human–robot collaboration in industrial environments: A literature review on non-destructive disassembly,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 73. Elsevier Ltd, Feb. 01, 2022. doi: 10.1016/j.rcim.2021.102208.
 - [14] C. J. Lin and R. P. Lukodono, “Sustainable human–robot collaboration based on human intention classification,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 11, Jun. 2021, doi: 10.3390/su13115990.
 - [15] A. Adel, “Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas,” *Journal of Cloud Computing*, vol. 11, no. 1. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, Dec. 01, 2022. doi: 10.1186/s13677-022-00314-5.
 - [16] U. Othman and E. Yang, “Human–Robot Collaborations in Smart Manufacturing Environments: Review and Outlook †,” *Sensors*, vol. 23, no. 12. MDPI, Jun. 01, 2023. doi: 10.3390/s23125663.
 - [17] M. Yusvin Mustar, P. I. Santosa, R. Hartanto, J. Teknik, and E. Dan, “PERANCANGAN MODEL INTERAKSI MANUSIA DAN ROBOT DALAM BENTUK TAMPILAN VISUAL PADA KOMPUTER,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2014*, pp. 10–24, Feb. 2014.
 - [18] F. Semeraro, A. Griffiths, and A. Cangelosi, “Human–robot collaboration and machine learning: A systematic review of recent research,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 79. Elsevier Ltd, Feb. 01, 2022. doi: 10.1016/j.rcim.2022.102432.
 - [19] E. Matheson, R. Minto, E. G. G. Zampieri, M. Faccio, and G. Rosati, “Human-robot collaboration in manufacturing applications: A review,” *Robotics*, vol. 8, no. 4. MDPI AG, 2019. doi: 10.3390/robotics8040100.
 - [20] S. Chourasia, A. Tyagi, S. M. Pandey, R. S. Walia, and Q. Murtaza, “Sustainability of Industry 6.0 in Global Perspective: Benefits and Challenges,” *Mapan - Journal of Metrology Society of India*, vol. 37, no. 2. Springer, pp. 443–452, Jun. 01, 2022. doi: 10.1007/s12647-022-00541-w.
 - [21] S. Unwakoly, “Berpikir Kritis dalam Filsafat Ilmu: Kajian dalam Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi,” *Jurnal Filsafat Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 95–102, Jun. 2022.