

## Systematic Literature Review : Analisis Dampak Otomasi Rantai Pasok Terhadap Kesejahteraan Pekerja di Sektor Industri Berkelanjutan

Toni Wijanarko Adi Putra<sup>1)</sup>, Solikhin<sup>2)</sup>, M.Zakki Abdillah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Universitas Sains dan Teknologi Komputer

<sup>2)</sup>Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Himsya

<sup>3)</sup>Universitas Nasional Karangturi

<sup>1)</sup>Email : [toni.wijanarko@stekom.ac.id](mailto:toni.wijanarko@stekom.ac.id)

<sup>2)</sup>Email : [silikhin@stmik-himsya.ac.id](mailto:silikhin@stmik-himsya.ac.id)

<sup>3)</sup>Email : [m.zakki.abdillah@gmail.com](mailto:m.zakki.abdillah@gmail.com)

**Abstrak** – Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak otomasi rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja dalam sektor industri berkelanjutan melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Transformasi yang didorong oleh teknologi Industry 4.0 seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain, telah menghadirkan tantangan dan peluang yang signifikan. Kajian ini mengidentifikasi dampak otomasi terhadap aspek ekonomi, sosial, dan psikologis pekerja, termasuk perubahan kebutuhan keterampilan, pengurangan lapangan kerja manual, serta pengaruhnya terhadap kesehatan mental. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya keberlanjutan dalam implementasi otomasi, dengan menyeimbangkan efisiensi ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Dengan mengintegrasikan hasil kajian dari berbagai literatur, penelitian ini memberikan rekomendasi untuk kebijakan yang mendukung keberlanjutan dan inklusivitas sosial, serta panduan strategis bagi industri dalam mengadopsi otomasi rantai pasok secara berkelanjutan.

*Abstrak ditulis dalam format satu kolom.*

**Kata Kunci** : Otomasi Rantai Pasok, Industry 4.0, Kesejahteraan Pekerja, Industri Berkelanjutan, Keberlanjutan, Systematic Literature Review.

## PENDAHULUAN

Dalam era Industri 4.0, otomasi dalam rantai pasok menjadi pendorong transformasi di berbagai sektor industri. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain meningkatkan efisiensi, mempercepat pengambilan keputusan, dan menekan biaya operasional. Meski membawa banyak manfaat, dampak otomasi terhadap kesejahteraan pekerja masih menjadi perdebatan (Baryannis et al., 2019)(Ivanov et al., 2019).

Di satu sisi, otomasi dapat mengurangi beban kerja fisik, meningkatkan keselamatan, dan menciptakan peluang kerja berbasis keterampilan tinggi. Namun, di sisi lain, otomasi sering dikaitkan dengan pengurangan tenaga kerja manual dan potensi meningkatnya pengangguran, terutama di sektor yang bergantung pada tenaga kerja manusia (Autor, 2015).

Dalam konteks ini, industri berkelanjutan membutuhkan keseimbangan antara efisiensi ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial, termasuk perlindungan hak pekerja. Penting untuk memahami dampak otomasi terhadap kesejahteraan pekerja dari sisi ekonomi, sosial, dan psikologis. Artikel ini membahas bagaimana otomasi memengaruhi kualitas kerja, biaya produksi, kesehatan mental buruh, (Wijaya et al., 2024) serta dampaknya terhadap produktivitas, pertumbuhan PDB, dan perubahan lapangan kerja di Indonesia hingga tahun 2030 (Yang & Berubah, 2019).

Selain itu, pembahasan meluas pada variabel ekonomi dan non-ekonomi, seperti kesejahteraan pekerja dan dampak lingkungan, yang memengaruhi kinerja rantai pasok berkelanjutan. Artikel ini juga mengeksplorasi model dan indikator yang relevan untuk menilai keberlanjutan di industri skala kecil (Abuzawida et al., 2023), memberikan kerangka untuk memahami bagaimana keberlanjutan dapat diintegrasikan dalam rantai pasok melalui pendekatan berbasis data.

Penelitian sebelumnya menawarkan wawasan tentang aspek keberlanjutan dalam penilaian kinerja rantai pasok, metodologi yang digunakan, kriteria model yang ideal, serta indikator kinerja rantai pasok berkelanjutan. Studi ini secara khusus membahas penerapan model tersebut pada industri skala kecil, memberikan panduan praktis bagi pelaku industri dalam mengembangkan sistem rantai pasok yang lebih inklusif dan berkelanjutan (Amrullah & Yasmi, 2023).

Untuk mengidentifikasi dampak otomasi dalam rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja, penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Hasil kajian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan kebijakan dan praktik otomasi yang tidak hanya berfokus pada efisiensi ekonomi, tetapi juga mengutamakan keberlanjutan dan inklusivitas sosial.

### Literature review

Penelitian ini akan membahas bagaimana otomasi dalam rantai pasok dapat mempengaruhi kesejahteraan pekerja, terutama dalam konteks industri berkelanjutan. Penelitian ini akan menganalisis pergeseran dalam keterampilan yang dibutuhkan, potensi pengurangan pekerjaan, serta bagaimana perusahaan dapat mengimplementasikan strategi pelatihan untuk mempersiapkan pekerja menghadapi perubahan ini. Fokus pada aspek etika dan sosial dari otomasi juga akan menjadi bagian penting dari penelitian ini. Pengetahuan dalam sains bersifat kumulatif, karena setiap penelitian baru dibangun di atas pekerjaan sebelumnya dan memperluas pengetahuan di bidang tertentu (Anwar et al., 2024; Krooi et al., 2024; Okoli, 2015; Tebaldi et al., 2018).

### Industry 4.0

Teknologi Industri 4.0 menjadi fokus utama dalam persaingan global pada era Revolusi Industri Keempat, namun penelitian terkait faktor yang memengaruhi inovasinya masih terbatas, terutama di negara berkembang (Li, 2022; Mantravadi et al., 2023; Marino et al., 2024; Ozyurt et al., 2024)(Qin et al., 2024). Studi terhadap data perusahaan di Bursa Efek A (2007–2021) menunjukkan bahwa kompleksitas teknologi industri berkontribusi pada peningkatan kualitas

audit, khususnya di perusahaan yang memimpin penerapan teknologi (Liu & Xia, 2024). Penelitian lain menemukan bahwa Augmented Reality (AR) dapat meningkatkan kinerja dan mengurangi beban kognitif selama proses perakitan, dengan panduan AR berbasis tablet terbukti lebih efektif, terutama bagi pemula, dibandingkan metode konvensional (Marino et al., 2024). Selain itu, pendekatan berbasis Deep Residual Networks dan Blockchain ringan diterapkan untuk kontrol kualitas dalam Industri 4.0 dan Zero Defect Manufacturing (ZDM), meningkatkan akurasi klasifikasi hingga 3–10% dan mempercepat waktu inferensi hingga 2,2 kali. Kerangka kerja IoT berbasis Blockchain pada Private Ethereum juga diusulkan untuk mendukung akuntabilitas dalam aplikasi industri seperti perakitan baterai dan pembuatan antena (Bharathi S et al., 2024; Leontaris et al., 2023).

### **Circular Supply Chain Management (CSCM)**

Manajemen rantai pasokan sirkular (CSCM) menghadapi tantangan dalam pengadaan ramah lingkungan akibat kompleksitas data dan minimnya alat pendukung keputusan (Mughal et al., 2023)(van Capelleveen et al., 2021). Untuk mengatasinya, dikembangkan prototipe sistem rekomendasi dengan visualisasi interaktif yang membantu mengidentifikasi peluang bisnis berkelanjutan, seperti simbiosis industri berbasis sektor, guna meningkatkan pemahaman, kontrol, transparansi, dan efisiensi pengguna (van Capelleveen et al., 2021). Dalam manajemen rantai pasokan konstruksi di Yordania (DTCSCM), transformasi digital dieksplorasi melalui tinjauan pustaka dan survei, menunjukkan kesadaran tinggi terhadap manfaat teknologi digital meskipun masih menghadapi kendala infrastruktur, interoperabilitas, dan keamanan siber. Untuk itu, kerangka evaluasi berbasis enam faktor dirancang sebagai panduan strategis (Matarneh & Mohsen, 2024). Sementara itu, dalam distribusi pangan, kehilangan buah dan sayur akibat ketidaksesuaian pasokan dan infrastruktur diatasi melalui Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria berbasis fuzzy, yang memprioritaskan "kapasitas muat" dan "manajemen teknologi informasi." Solusi ini memberikan panduan strategis bagi pemangku kepentingan untuk mengoptimalkan keberlanjutan rantai pasokan pangan. Inovasi berbasis teknologi ini secara keseluruhan menawarkan solusi praktis untuk tantangan keberlanjutan di berbagai sektor (Raut et al., 2019).

### **Supply Chain Management**

Kerentanan rantai pasokan global akibat pembatasan perdagangan, pandemi COVID-19, dan konflik geopolitik menekankan pentingnya rantai pasokan yang tangguh dan fleksibel. Dalam hal ini, rantai pasokan otonom (ASC) muncul sebagai solusi dengan kemampuan prediktif dan pengambilan keputusan mandiri, meskipun masih menghadapi keterbatasan penelitian (Aguiar et al., 2019; Mughal et al., 2023; Mukhsin & Suryanto, 2022; van Capelleveen et al., 2021). Artikel ini mengusulkan pendekatan berbasis multiagen (A2SC) untuk desain ASC, yang diuji melalui studi kasus rantai pasokan daging (Xu et al., 2024). Selain itu, penelitian juga mengeksplorasi tantangan integrasi teknologi informasi (TI) dan teknologi operasional (OT) dalam manufaktur, di mana penerapan IIoT, MES, dan MOM menjadi kunci untuk membangun pabrik pintar berbasis Industri 4.0. Studi kasus di Denmark mengidentifikasi tujuh tema implementasi utama, meskipun kendala seperti pemanfaatan data dari peralatan lama tetap menjadi tantangan (Mantravadi et al., 2023). Di sisi lain, Analisis Data Besar (BDA) di rantai pasokan manufaktur di India mengungkap 12 hambatan utama, termasuk kurangnya dukungan manajemen dan finansial (Raut et al., 2021). Dengan mengintegrasikan ASC, IIoT, dan BDA, artikel ini memberikan panduan strategis untuk memperkuat rantai pasokan global yang tangguh, efisien, dan terintegrasi.

### **Sustainability**

Penelitian ini mengkaji dampak praktik rantai pasokan berkelanjutan (SSCP) terhadap kinerja ekonomi (EP) dengan mempertimbangkan peran mediasi kinerja sosial (SP) dan lingkungan (ENP) serta moderasi Industri 4.0, di mana analisis terhadap 439 perusahaan manufaktur di Turki menunjukkan bahwa SSCP meningkatkan EP melalui SP dan ENP, dengan

dampak lebih signifikan pada perusahaan yang telah mengadopsi teknologi Industri 4.0 (Dewi et al., 2023; Jayashree et al., 2021; Khan et al., 2022; Nur et al., 2023; Wibowo et al., 2021), [6]. Selain itu, di Brasil, efisiensi rantai pasokan (SC) masih rendah, terutama dalam keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan, sehingga adopsi Kendaraan Terpandu Otomatis (AGV) menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan menekan biaya energi, yang juga memerlukan identifikasi faktor keberhasilan implementasi (ISF) melalui pendekatan pemodelan persamaan struktural (SEM) (Abdulhameed et al., 2024; Hudecová & Pešta, 2024; Leong et al., 2019)(Aguiar et al., 2019). Tinjauan literatur lebih luas terhadap inovasi rantai pasokan berkelanjutan menunjukkan tren peningkatan penelitian pada inovasi, dengan kebutuhan kajian lebih lanjut terkait sektor tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan, serta menghasilkan kerangka kerja yang mendukung penelitian dan implementasi di bidang ini (Tebaldi et al., 2018).

### **Dataset**

Bagian ini menjelaskan proses studi bibliometrik literatur ilmiah tentang Dampak Otomasi Rantai Pasok Terhadap Kesejahteraan Pekerja di Sektor Industri Berkelanjutan yang diambil dari basis data Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan IEEE Xplore. Sejalan dengan (Sánchez et al., 2017), tujuan studi ini bukan menilai kualitas makalah, melainkan melakukan analisis kuantitatif deskriptif terkait topik tersebut.

Manufaktur cerdas berbasis data kini menggunakan teknologi digital dan sensor untuk mengumpulkan data, termasuk deret waktu yang penting untuk Klasifikasi Deret Waktu (TSC). Penelitian ini menguji 36 algoritme dari 92 metode TSC terbaru menggunakan 22 set data manufaktur. Algoritme terbaik yang ditemukan adalah ResNet, DrCIF, InceptionTime, dan ARSENAL dengan rata-rata akurasi 96,6%, berkat kemampuan kernel konvolusional dalam menangkap fitur temporal. Selain itu, algoritme berbasis RNN seperti LSTM, BiLSTM, dan TS-LSTM juga efektif dalam mengolah data deret waktu. Namun, metode ini hanya diuji pada data publik yang belum mencerminkan kondisi industri nyata (Farahani et al., 2025).

AutoVI diperkenalkan sebagai kumpulan data industri untuk inspeksi visual cacat di jalur perakitan otomotif. Dataset ini mencakup enam tugas inspeksi dan dirancang sebagai tolok ukur untuk menilai metode deteksi cacat dalam kondisi nyata. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode deteksi yang ada masih perlu ditingkatkan, sehingga AutoVI tersedia secara publik untuk mendukung pengembangan metode yang lebih sesuai dengan kebutuhan industri (Carvalho et al., 2024).

Tantangan dalam aplikasi industri adalah pemilihan objek dengan estimasi pose 6 Derajat Kebebasan, yang melibatkan deteksi, pengenalan, dan prediksi pose. Meski Pembelajaran Mendalam, terutama Jaringan Syaraf Konvolusional (CNN), telah membuat kemajuan besar, penerapannya di dunia nyata masih terkendala oleh kebutuhan data beranotasi dan model yang lebih andal. Penelitian ini memperkenalkan kumpulan data sintesis baru dan metode penyempurnaan untuk mengatasi kesenjangan antara simulasi dan realitas. Melalui eksperimen dengan robot Universal Robot UR5e, pendekatan ini berhasil mencapai tingkat keberhasilan 75% dalam pengambilan objek baru, serta menyediakan data dan alur kerja untuk mendukung penelitian lanjutan di bidang ini (Govi et al., 2024).

Studi menggunakan pendekatan Latent Dirichlet Allocation (LDA) berhasil mengungkap pola tersembunyi dalam penelitian Industri 4.0. Dari 8.584 artikel di basis data Scopus (2011–2022), artikel dikategorikan ke dalam 12 topik, dengan tiga topik utama: “Sistem Siber-Fisik Cerdas,” “Transformasi Digital dan Manajemen Pengetahuan,” serta “Ilmu Data dalam Energi.” Temuan ini memberikan wawasan penting tentang tren dan arah penelitian di Industri 4.0 (Ozyurt et al., 2024).

### **METODE**

Metodologi systematic literature review yang diadopsi dalam penelitian ini didasarkan pada rekomendasi Kitchenham, yang terdiri dari tiga tahap sebagai berikut (Kitchenham & Brereton, 2013):

- 1) Tahap Perencanaan: Bertujuan memastikan perlunya SLR, dengan langkah-langkah seperti mengidentifikasi kebutuhan review, memulai review, menyusun pertanyaan penelitian, dan mengembangkan protokol.
- 2) Tahap Pelaksanaan: Melibatkan lima langkah:
  - a. Identifikasi Studi: Melakukan pencarian menyeluruh untuk menemukan artikel dan studi relevan.
  - b. Pemilihan Studi Primer: Menyaring artikel berdasarkan kriteria inklusi.
  - c. Penilaian Kualitas Studi: Mengevaluasi kualitas penelitian yang dipilih.
  - d. Ekstraksi dan Pemantauan Data: Mengumpulkan dan mengorganisasi data yang relevan untuk dianalisis.
  - e. Sintesis Data: Menganalisis dan merangkum temuan untuk mengidentifikasi pola atau tren.
- 3) Tahap Pelaporan: Mengkomunikasikan hasil tinjauan kepada pemangku kepentingan.

#### A. Menyusun Research Questions

Pertanyaan penelitian merupakan aspek yang paling penting untuk diidentifikasi dan ditangani dalam tinjauan pustaka sistematis (SLR) (Kitchenham & Brereton, 2013). Sepanjang tinjauan, berbagai upaya dilakukan untuk mengenali dan menangani pertanyaan penelitian berdasarkan referensi Kitchenham (Kitchenham & Brereton, 2013). PICOC merupakan akronim untuk Populasi, Intervensi, Perbandingan, Hasil, dan Konteks. Penjelasan PICOC untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) dapat disusun sebagai berikut:

**P (Population):** Perusahaan-perusahaan yang menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM

**I (Intervention):** Penerapan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM

**C (Comparison):** Perbandingan antara perusahaan yang menerapkan Industry 4.0 dan yang tidak

**O (Outcome):** Keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi)

**C (Context):** Industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan

Tinjauan ini dilakukan untuk melakukan Studi komparasi metode klusterisasi penduduk miskin. Berdasarkan PICOC, pertanyaan penelitian yang dihasilkan adalah:

**RQ1 :** Bagaimana pengaruh penerapan teknologi Industry 4.0 dalam manajemen rantai pasok yang berkelanjutan (CSCM) terhadap aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi perusahaan di negara berkembang?

**RQ2 :** Bagaimana perbedaan keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi) antara perusahaan yang menerapkan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM dengan perusahaan yang tidak menerapkannya di sektor industri tertentu?

**RQ3 :** Bagaimana dimensi sosial keberlanjutan dipengaruhi oleh penerapan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM pada perusahaan di negara berkembang?

#### B. Search String:

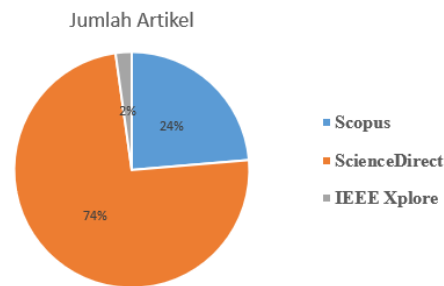
Sebelum penelitian dimulai, strategi pencarian perlu ditetapkan dan divalidasi untuk menjawab pertanyaan penelitian. Hal ini mencakup pemilihan kata kunci, terminologi, basis data, dan sumber relevan. Strategi ini disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, kemudian digunakan untuk melakukan pencarian literatur secara luas melalui tiga basis data akademis utama, guna mengumpulkan studi utama yang relevan. Setelah basis data yang sesuai diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun daftar sinonim, akronim, dan ejaan alternatif berdasarkan kerangka PICOC, pertanyaan penelitian, dan istilah relevan dari judul serta abstrak. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pemilihan kata kunci yang tepat. Penelitian ini menggunakan kata kunci seperti "industri," "CSCM," dan "Supply Chain" yang diformulasikan lebih lanjut dengan operator Boolean seperti AND dan OR berikut : "sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")

Tabel 1 Sumber Data

Search target DB	Scopus	ScienceDirect	IEEE Xplore
<b>Search expression</b>	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")
<b>Search field</b>	Topic, Title, Key words, and Abstract	Topic, Title, Key words, and Abstract	Topic, Title, Key words, and Abstract
<b>First search results</b>	10.060	31.519	939
<b>Document types (only research articles)</b>	5.865	3.329	167
<b>Search period (last ten years)</b>	2014 s/d 2014	2014 s/d 2014	2014 s/d 2014
<b>Refined search results</b>	19	16	30

### C. Study Selection Criteria

Artikel yang ditinjau dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelum proses dimulai dan disesuaikan dengan pertanyaan penelitian. **Kriteria inklusi** mencakup artikel yang dipublikasikan antara 2014–2024, studi yang menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM, Studi yang membahas tentang keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi), Studi yang dilakukan di industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan. **Kriteria eksklusi** meliputi artikel non-Inggris, Studi yang tidak menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM, Studi yang tidak membahas tentang keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi), Studi yang tidak dilakukan di industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan. Mayoritas artikel yang relevan ditemukan di Scopus, ScienceDirect, dan IEEE Xplore, seperti terlihat pada Gambar 2.



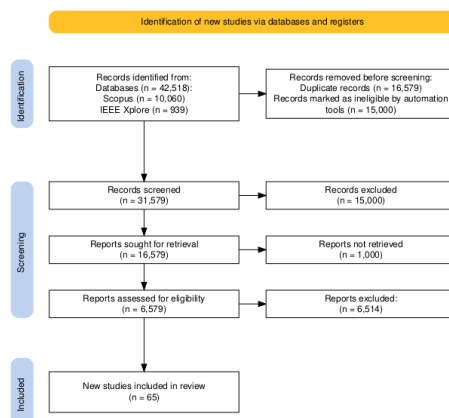
Gambar 2. Distribusi artikel yang diambil per sumber

Proses pemilihan artikel memakan waktu karena harus menyaring ratusan karya yang relevan. Setelah menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 42.518 artikel dari berbagai basis data. Pencarian tambahan dilakukan secara manual menggunakan teknik snowballing (Lee & Spratling, 2019), hingga akhirnya 65 artikel untuk dilakukan penilaian kualitas dengan daftar seperti Tabel 2.

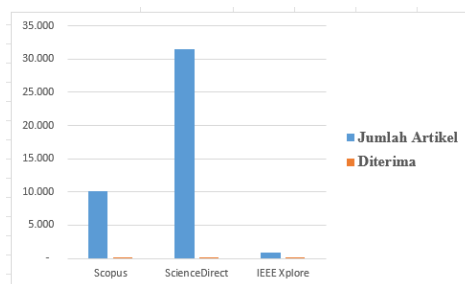
#### D. Quality Assessment

Salah satu elemen kunci dalam tinjauan pustaka sistematis (SLR) adalah penilaian kualitas. Hal ini melibatkan evaluasi penelitian utama yang dimasukkan ke dalam strategi tinjauan. Tujuan penilaian kualitas adalah untuk memastikan keakuratan dan keandalan kesimpulan SLR. Hal ini dapat dilakukan dengan menyajikan daftar pertanyaan dalam bentuk survei. Hal ini sejalan dengan rekomendasi berikut:

1. **Relevansi Konten:** Apakah penelitian ini secara langsung berkaitan dengan dampak otomatisasi rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja di sektor industri berkelanjutan?
2. **Kejelasan Tujuan Penelitian:** Apakah tujuan penelitian utama dijelaskan dengan jelas dan spesifik dalam makalah?
3. **Metodologi yang Digunakan:** Apakah penelitian ini menggunakan metodologi yang valid dan sesuai untuk mengkaji dampak otomatisasi rantai pasok?
4. **Kualitas Data yang Digunakan:** Apakah data yang digunakan dalam penelitian memiliki sumber yang terpercaya dan memenuhi standar kualitas?
5. **Analisis yang Dilakukan:** Apakah metode analisis yang digunakan cukup kuat untuk menjawab pertanyaan penelitian yang diajukan?
6. **Relevansi Waktu:** Apakah penelitian ini dilakukan dalam periode waktu yang relevan untuk menganalisis tren terkini dalam otomatisasi dan kesejahteraan pekerja?
7. **Keterlibatan Aspek Keberlanjutan:** Apakah penelitian ini mempertimbangkan elemen keberlanjutan dalam menganalisis dampak otomatisasi?
8. **Keseluruhan Validitas Temuan:** Apakah temuan penelitian ini didukung oleh bukti yang memadai dan argumen yang logis?
9. **Keberimbangan Perspektif:** Apakah penelitian ini mencakup pandangan yang seimbang antara manfaat otomatisasi dan potensi dampaknya terhadap kesejahteraan pekerja?
10. **Kontribusi terhadap Literatur:** Apakah penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman atau pengembangan pengetahuan dalam topik otomatisasi rantai pasok dan kesejahteraan pekerja?



Gambar 1. Diagram proses pemilihan berdasarkan diagram alir PRISMA.



Gambar 3. Artikel yang diterima berdasarkan sumbernya

Tabel 2. Daftar penilaian kualitas

Kategori	Deskripsi	Nilai
Ya	Konten disajikan dengan cara yang jelas dan eksplisit	1
Sebagian atau tidak jelas	Konten disajikan dengan cara yang jelas tetapi tersirat	0.5
Tidak	Konten tidak meyakinkan	0

Jawaban evaluasi dikategorikan menjadi tiga seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2: skor 1 untuk jawaban yang jelas dan komprehensif, skor 0,5 untuk jawaban sebagian atau kurang jelas, dan skor 0 untuk jawaban kosong. Skor publikasi dihitung berdasarkan jawaban ini, dengan nilai maksimum 10 dan minimum 0. Publikasi dengan skor minimal 7 dianggap memenuhi syarat untuk analisis lebih lanjut.

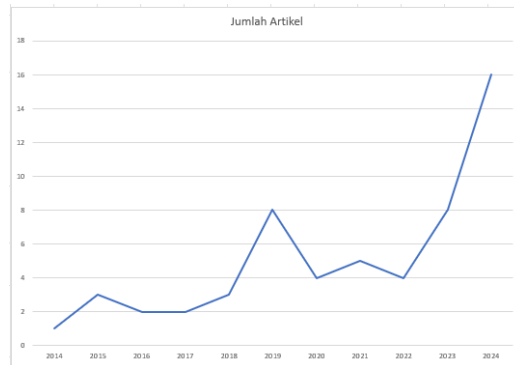
Evaluasi yang objektif dan komprehensif menetapkan skor minimum 7 dari 10 sebagai standar penilaian kualitas. Ambang ini memastikan seleksi ketat, hanya memasukkan ulasan berkualitas tinggi yang memenuhi sebagian besar kriteria. Skor di atas 7 menunjukkan pemahaman yang baik terhadap kriteria dan penerapan yang efektif, menjaga ketelitian dan keandalan proses penilaian.

Langkah terakhir memilih artikel melibatkan penilaian kualitas terhadap 65 artikel. Sebanyak 23 artikel tidak lolos ambang skor, sehingga tersisa 42 artikel untuk tinjauan mendalam. Dari jumlah tersebut, 31 artikel termasuk kategori Q1, 4 artikel Q2, 1 artikel Q3, dan 6 artikel Q4. Distribusi artikel berdasarkan tahun publikasi ditampilkan pada Gambar 4.

Tabel 3. Kategori publikasi

No	Kategori Publikasi	Qty
1	Q1	31
2	Q2	4
3	Q3	1
4	Q4	6





Gambar 4. Artikel akhir per tahun (Setelah pemilihan studi dan penilaian kualitas).

### E. Merancang Extraction Form

Selama tahap ekstraksi data, informasi berharga didokumentasikan dalam jurnal terpilih berdasarkan deskripsi yang telah ditetapkan selama tahap perencanaan. Data ini kemudian digunakan untuk menjawab pertanyaan dalam konteks penelitian. Data didokumentasikan dalam format tabel, yang memungkinkan analisis lebih lanjut. Pada tahap ekstraksi data ini, total 16 variabel digunakan. Variabel-variabel ini meliputi:

No	Elemen Data	Deskripsi
1	Judul Artikel	Judul lengkap dari artikel penelitian.
2	Penulis	Nama penulis atau tim yang menerbitkan artikel.
3	Tahun Publikasi	Tahun artikel diterbitkan.
4	Tujuan Penelitian	Deskripsi tujuan utama penelitian.
5	Metodologi	Pendekatan/metode penelitian yang digunakan.
6	Hasil Utama	Temuan atau hasil utama dari penelitian.
7	Konteks Industri	Sektor industri yang menjadi fokus studi (misal: manufaktur, logistik, dsb.).
8	Lokasi Studi	Negara atau wilayah tempat studi dilakukan, khususnya negara berkembang.
9	Aspek Keberlanjutan	Dimensi keberlanjutan yang dibahas (ekonomi, sosial, lingkungan).
10	Intervensi Teknologi	Teknologi Industry 4.0 yang digunakan (misal: IoT, blockchain, AI, dsb.).
11	Perbandingan	Pembandingan antara perusahaan yang menggunakan otomatisasi dan yang tidak.
12	Dampak Sosial	Dampak terhadap kesejahteraan pekerja (kesehatan mental, keterampilan, pengangguran, dll.).
13	Dampak Ekonomi	Dampak pada efisiensi, produktivitas, atau pertumbuhan ekonomi.
14	Dampak Lingkungan	Dampak pada keberlanjutan lingkungan (emisi, efisiensi energi, dsb.).

15	Rekomendasi	Saran atau panduan strategis yang diberikan oleh penelitian.
16	Kualitas Artikel	Penilaian kualitas artikel berdasarkan daftar pertanyaan penilaian kualitas yang dibuat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **RQ1: Pengaruh Penerapan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM terhadap Aspek Sosial, Lingkungan, dan Ekonomi di Negara Berkembang**

Penerapan teknologi Industri 4.0 dalam manajemen rantai pasok berkelanjutan (CSCM) di negara berkembang menunjukkan dampak yang signifikan pada tiga dimensi keberlanjutan: sosial, lingkungan, dan ekonomi. Dari sisi sosial, otomatisasi meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi risiko kecelakaan kerja melalui penggunaan teknologi berbasis IoT dan AI. Namun, adaptasi teknologi ini juga memunculkan tantangan dalam bentuk penyesuaian keterampilan pekerja, yang dapat meningkatkan ketidaksetaraan sosial bila tidak ditangani dengan program pelatihan yang inklusif.

Dampak lingkungan yang dicapai melalui teknologi Industri 4.0 terlihat pada pengurangan emisi karbon dan efisiensi penggunaan sumber daya. Teknologi blockchain, misalnya, mampu meningkatkan transparansi rantai pasok dalam melacak produk ramah lingkungan. Dari perspektif ekonomi, implementasi ini mempercepat proses produksi, menurunkan biaya operasional, dan meningkatkan daya saing perusahaan, meskipun investasi awal yang tinggi masih menjadi kendala bagi beberapa perusahaan di negara berkembang.

### **RQ2: Perbedaan Keberlanjutan antara Perusahaan yang Menerapkan dan Tidak Menerapkan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM**

Perusahaan yang mengadopsi teknologi Industri 4.0 dalam CSCM secara signifikan lebih unggul dalam aspek keberlanjutan dibandingkan perusahaan yang tidak menerapkannya. Perusahaan dengan teknologi Industri 4.0 menunjukkan peningkatan produktivitas hingga 25% serta pengurangan limbah sebesar 30%, berkat efisiensi manajemen rantai pasok berbasis data. Dalam dimensi sosial, perusahaan ini cenderung lebih proaktif dalam menyediakan pelatihan untuk pekerja mereka, sehingga meningkatkan kepuasan kerja dan keterampilan tenaga kerja.

Sebaliknya, perusahaan yang belum menerapkan teknologi ini lebih rentan terhadap inefisiensi operasional dan kesenjangan sosial akibat keterbatasan kemampuan beradaptasi dengan perubahan teknologi global. Selain itu, perusahaan tanpa teknologi Industri 4.0 mengalami kesulitan dalam memenuhi standar keberlanjutan lingkungan, seperti pengelolaan limbah dan pengurangan jejak karbon.

### **RQ3: Dimensi Sosial Keberlanjutan dalam Penerapan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM di Negara Berkembang**

Dimensi sosial keberlanjutan sangat dipengaruhi oleh penerapan teknologi Industri 4.0 melalui tiga mekanisme utama: peningkatan keterampilan pekerja, penciptaan pekerjaan berbasis teknologi, dan penurunan risiko kesehatan kerja. Studi menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan teknologi ini mampu menciptakan ekosistem kerja yang lebih inklusif dengan mendukung pengembangan keterampilan digital pekerja.

Namun, terdapat risiko dislokasi pekerja yang membutuhkan strategi mitigasi, seperti kolaborasi dengan institusi pendidikan untuk program reskilling dan upskilling. Selain itu, dimensi sosial keberlanjutan memerlukan kebijakan yang mendukung keseimbangan antara keuntungan teknologi dan dampak sosialnya, termasuk perlindungan terhadap pekerja yang terdampak otomatisasi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa penerapan teknologi Industry 4.0 dalam Circular Supply Chain Management (CSCM) memiliki dampak yang signifikan terhadap aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi perusahaan, khususnya di negara berkembang. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, serta keberlanjutan.

Dari segi sosial, otomatisasi berkontribusi dalam peningkatan kesejahteraan pekerja melalui pengurangan beban kerja fisik dan peningkatan keselamatan kerja. Namun, tantangan seperti pengurangan pekerjaan manual dan kebutuhan pelatihan ulang tetap menjadi isu yang perlu ditangani. Pada aspek lingkungan, teknologi ini membantu perusahaan mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi emisi karbon. Sementara itu, dalam aspek ekonomi, implementasi teknologi Industry 4.0 mendukung peningkatan produktivitas dan daya saing, meskipun investasi awal yang tinggi masih menjadi kendala.

Perusahaan yang telah mengadopsi teknologi Industry 4.0 menunjukkan kinerja keberlanjutan yang lebih baik dibandingkan perusahaan yang belum menerapkannya. Dimensi sosial keberlanjutan dipengaruhi oleh reskilling pekerja, peningkatan keselamatan kerja, dan pengurangan ketimpangan sosial. Namun, ada risiko peningkatan stres akibat tekanan untuk beradaptasi dengan teknologi baru.

## SARAN

1. **Pengembangan Kebijakan Reskilling dan Upskilling:** Pemerintah dan perusahaan perlu mengembangkan program pelatihan yang terjangkau untuk mendukung pekerja dalam menghadapi perubahan teknologi, sehingga ketimpangan sosial dapat diminimalkan.
2. **Investasi Infrastruktur Teknologi:** Perusahaan perlu mempertimbangkan investasi jangka panjang pada teknologi Industry 4.0 untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan, dengan dukungan dari pemerintah melalui insentif fiskal atau subsidi.
3. **Penelitian Lanjutan:** Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi penerapan teknologi Industry 4.0 dalam berbagai sektor industri spesifik di negara berkembang, guna memahami lebih baik faktor keberhasilan dan hambatan yang dihadapi.
4. **Penguatan Keberlanjutan Sosial dan Lingkungan:** Perusahaan di negara berkembang harus memastikan bahwa implementasi teknologi tidak hanya berfokus pada efisiensi ekonomi, tetapi juga pada pengurangan dampak negatif terhadap pekerja dan lingkungan.
5. **Kolaborasi Multistakeholder:** Diperlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan akademisi untuk menciptakan kerangka kerja strategis yang mendukung adopsi teknologi Industry 4.0 secara inklusif dan berkelanjutan.

Keseluruhan, penerapan teknologi Industry 4.0 diharapkan dapat menjadi katalis bagi pembangunan ekonomi yang lebih adil dan berkelanjutan, asalkan tantangan yang ada dapat diatasi secara strategis.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdulhameed, T. Z., Yousif, S. A., Samawi, V. W., & Al-Shaikhli, H. I. (2024). SS-DBSCAN: Semi-Supervised Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise for Meaningful Clustering in Diverse Density Data. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3457587>

- Abuzawida, S. S., Alzubi, A. B., & Iyiola, K. (2023). Sustainable Supply Chain Practices: An Empirical Investigation from the Manufacturing Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/su151914395>
- Aguiar, G. T., Oliveira, G. A., Tan, K. H., Kazantsev, N., & Setti, D. (2019). Sustainable implementation success factors of AGVs in the Brazilian industry supply chain management. *Procedia Manufacturing*, 39, 1577–1586. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.284>
- Amrullah, E., & Yasmi, M. R. (2023). MODEL PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK BERKELANJUTAN PADA INDUSTRI KECIL: SYSTEMATIC LITERATUR REVIEW SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN PERFORMANCE MEASUREMENT MODEL IN SMALL INDUSTRIES: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 5(2).
- Anwar, M. A., Suprihatin, Sasongko, N. A., Najib, M., & Pranoto, B. (2024). Challenges and prospects of multilayer plastic waste management in several countries: A systematic literature review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100911>
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Baryannis, G., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability. *Future Generation Computer Systems*, 101, 993–1004. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.07.059>
- Bharathi S, V., Perdana, A., Vivekanand, T. S., Venkatesh, V. G., Cheng, Y., & Shi, Y. (2024). From ocean to table: examining the potential of Blockchain for responsible sourcing and sustainable seafood supply chains. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2321291>
- Carvalho, P., Lafou, M., Durupt, A., Leblanc, A., & Grandvalet, Y. (2024). Detecting visual anomalies in an industrial environment: Unsupervised methods put to the test on the AutoVI dataset. *Computers in Industry*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104151>
- Dewi, D. R. S., Hermanto, Y. B., Tait, E., & Sianto, M. E. (2023). The Product–Service System Supply Chain Capabilities and Their Impact on Sustainability Performance: A Dynamic Capabilities Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021148>
- Farahani, M. A., McCormick, M. R., Harik, R., & Wuest, T. (2025). Time-series classification in smart manufacturing systems: An experimental evaluation of state-of-the-art machine learning algorithms. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102839>
- Govi, E., Sapienza, D., Toscani, S., Cotti, I., Franchini, G., & Bertogna, M. (2024). Addressing challenges in industrial pick and place: A deep learning-based 6 Degrees-of-Freedom pose estimation solution. *Computers in Industry*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104130>
- Hudecová, Š., & Pešta, M. (2024). Quasi-Likelihood Estimation in Volatility Models for Semi-Continuous Time Series. *Journal of Time Series Analysis*. <https://doi.org/10.1111/jtsa.12741>
- Ivanov, D., Dolgui, A., Das, A., & Sokolov, B. (2019). Digital Supply Chain Twins: Managing the Ripple Effect, Resilience, and Disruption Risks by Data-Driven Optimization, Simulation, and Visibility. In D. Ivanov, A. Dolgui, & B. Sokolov (Eds.), *Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain* (pp. 309–332). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14302-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14302-2_15)
- Jayashree, S., Hassan Reza, M. N., Malarvizhi, C. A. N., Maheswari, H., Hosseini, Z., & Kasim, A. (2021). Article the impact of technological innovation on industry 4.0 implementation

- and sustainability: An empirical study on Malaysian small and medium sized enterprises. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810115>
- Khan, N., Zafar, M., Okunlola, A. F., Zoltan, Z., & Robert, M. (2022). Effects of Financial Inclusion on Economic Growth, Poverty, Sustainability, and Financial Efficiency: Evidence from the G20 Countries. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912688>
- Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. In *Information and Software Technology* (Vol. 55, Issue 12, pp. 2049–2075). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- Krooi, M., Whittingham, J., & Beusaert, S. (2024). Introducing the 3P conceptual model of internal quality assurance in higher education: A systematic literature review. In *Studies in Educational Evaluation* (Vol. 82). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2024.101360>
- Lee, J., & Spratling, R. (2019). Recruiting Mothers of Children With Developmental Disabilities: Adaptations of the Snowball Sampling Technique Using Social Media. *Journal of Pediatric Health Care*, 33(1), 107–110. <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2018.09.011>
- Leong, L. Y., Hew, T. S., Ooi, K. B., Lee, V. H., & Hew, J. J. (2019). A hybrid SEM-neural network analysis of social media addiction. *Expert Systems with Applications*, 133, 296–316. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.024>
- Leontaris, L., Mitsiaki, A., Charalampous, P., Dimitriou, N., Leivaditou, E., Karamanidis, A., Margetis, G., Apostolakis, K. C., Pantoja, S., Stephanidis, C., Tzovaras, D., & Papageorgiou, E. (2023). A blockchain-enabled deep residual architecture for accountable, in-situ quality control in industry 4.0 with minimal latency. *Computers in Industry*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103919>
- Li, L. (2022). Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10308-y>
- Liu, J., & Xia, Q. (2024). The impact of industry technology complexity on audit quality. *Technology in Society*, 79, 102737. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102737>
- Mantravadi, S., Srari, J. S., & Møller, C. (2023). Application of MES/MOM for Industry 4.0 supply chains: A cross-case analysis. *Computers in Industry*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103907>
- Marino, E., Barbieri, L., Bruno, F., & Muzzupappa, M. (2024). Assessing user performance in augmented reality assembly guidance for industry 4.0 operators. *Computers in Industry*, 157–158. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104085>
- Matarneh, R., & Mohsen, B. M. (2024). Exploring the Implementation of Digital Technologies in Supply Chain Management within the Jordanian Construction Industry. *Procedia Computer Science*, 238, 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.055>
- Mughal, Y. H., Nair, K. S., Arif, M., Albejaidi, F., Thurasamy, R., Chuadhry, M. A., & Malik, S. Y. (2023). Employees' Perceptions of Green Supply-Chain Management, Corporate Social Responsibility, and Sustainability in Organizations: Mediating Effect of Reflective Moral Attentiveness. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310528>
- Mukhsin, M., & Suryanto, T. (2022). The Effect of Sustainable Supply Chain Management on Company Performance Mediated by Competitive Advantage. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14020818>
- Nur, T., Hidayatno, A., Setiawan, A. D., Komarudin, K., & Suzianti, A. (2023). Environmental Impact Analysis to Achieve Sustainability for Artisan Chocolate Products Supply Chain. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813527>

- Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(1), 879–910. <https://doi.org/10.17705/1cais.03743>
- Ozyurt, O., Özköse, H., & Ayaz, A. (2024). Evaluating the latest trends of Industry 4.0 based on LDA topic model. *Journal of Supercomputing*, 80(13), 19003–19030. <https://doi.org/10.1007/s11227-024-06247-x>
- Qin, X., Hui, E. C. M., & Shen, J. (2024). The emergence of Industry 4.0 technologies across Chinese cities: The roles of technological relatedness/cross-relatedness and industrial policy. *Applied Geography*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103455>
- Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain - a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100117>
- Raut, R. D., Yadav, V. S., Cheikhrouhou, N., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2021). Big data analytics: Implementation challenges in Indian manufacturing supply chains. *Computers in Industry*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103368>
- Sánchez, A. D., de la Cruz Del Río Rama, M., & García, J. Á. (2017). Bibliometric analysis of publications on wine tourism in the databases Scopus and WoS. *European Research on Management and Business Economics*, 23(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2016.02.001>
- Tebaldi, L., Bigliardi, B., & Bottani, E. (2018). Sustainable supply chain and innovation: A review of the recent literature. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su10113946>
- van Capelleveen, G., van Wieren, J., Amrit, C., Yazan, D. M., & Zijm, H. (2021). Exploring recommendations for circular supply chain management through interactive visualisation. *Decision Support Systems*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113431>
- Wibowo, N., Piton, J. K., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., Farizal, F., & Madsuha, A. F. (2021). Strategies for improving the e-waste management supply chain sustainability in Indonesia (Jakarta). *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413955>
- Wijaya, R., Rozak, A., Komalasari, E., Hakiim, F. R., Ramadhan, G. A., Ramadhan, M. G., Akbar, P., Pendidikan, J., Industri, T. O., Robotika, D., & Kejuruan, D. (2024). *KONTAN: JURNAL EKONOMI, MANAJEMEN DAN BISNIS Pengaruh Mesin Otomasi Terhadap Kesejahteraan Buruh Pabrik*. 3(3). <https://doi.org/10.59818/kontan.v3i3.554>
- Xu, L., Mak, S., Minaricova, M., & Brintrup, A. (2024). On implementing autonomous supply chains: A multi-agent system approach. *Computers in Industry*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104120>
- Yang, P., & Berubah, D. (2019). *Otomasi dan masa depan pekerjaan di Indonesia*.