

BLOCKCHAIN DAN KECERDASAN BUATAN DALAM PERTANIAN : STUDI LITERATUR

Fajar Delli Wihartiko*¹, Sri Nurdiati², Agus Buono³, Edi Santosa⁴

¹Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor & Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pakuan.

²Departemen Matematika, Institut Pertanian Bogor, ³Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor.

⁴Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor.

Email: ¹fajardelli@apps.ipb.ac.id, ²nurdiati@apps.ipb.ac.id,

³agusbuono@apps.ipb.ac.id, ⁴edisang@gmail.com

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 11 September 2020, diterima untuk diterbitkan: 02 Februari 2021)

Abstrak

Dewasa ini teknologi *blockchain* dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*) telah diimplementasikan dalam bidang pertanian. Teknologi *blockchain* menjanjikan keamanan dan peningkatan kepercayaan untuk pengguna. Teknologi kecerdasan buatan menjanjikan berbagai kemudahan bagi pengguna. Perpaduan kedua teknologi tersebut dapat meningkatkan kepercayaan terhadap sistem kecerdasan buatan (*blockchain for AI*) atau dapat juga digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem *blockchain* (*AI for blockchain*). Tujuan penelitian ini mengulas kedua teknologi tersebut dalam studi literatur serta memberikan tantangan riset ke depan terkait implementasinya di bidang pertanian. Metodologi yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dan *text mining*. *Text mining* digunakan untuk memberikan deskripsi riset yang ada berdasarkan kata-kata di setiap artikel terpilih. SLR digunakan untuk memberikan ulasan yang komprehensif terkait riset *Blockchain* dan kecerdasan Buatan dalam pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 10 % penelitian terkait penerapan *blockchain* dan AI dalam pertanian. Riset tersebut memiliki potensi besar untuk berkembang terlihat dari peningkatan jumlah publikasi dalam 2 tahun terakhir. Kontribusi penelitian ini meliputi posisi riset terkini dan usulan riset ke depan dengan mempertimbangkan kondisi pertanian Indonesia. Posisi riset tersebut didominasi komunitas peneliti dari negara-negara di Asia seperti India (33%), Pakistan (33%), China (14%) dan Korea (14%). Originalitas penelitian ini terletak pada studi literatur dari integrasi teknologi *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam bidang pertanian menggunakan SLR dan *text mining*.

Kata kunci: *blockchain, kecerdasan buatan, pertanian*

BLOCKCHAIN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE : A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Abstract

Artificial intelligence and blockchain technology are being developed and implemented in Agriculture. Blockchain technology promises security and trust for users. Moreover, artificial intelligence technology promises convenience for users. The combination of these two technologies will increase trust in artificial intelligence systems. Besides, this combination can also increase security on the blockchain system through the application of artificial intelligence. This paper summarizes the application of both technologies and reviews them in a systematic literature review, presents a description of articles based on text mining, and provides future research challenges related to the implementation of blockchain and artificial intelligence in agriculture. The methodologies used are Systematic Literature Review (SLR) and text mining. Text mining is used to describe a description of existing research based on the words in each selected article. SLR is used to provide a comprehensive review of Blockchain research and Artificial intelligence in agriculture. The results showed that there were 10% of research related to the application of blockchain and AI in agriculture. This research has great potential for growth as seen from the increase in the number of publications in the last 2 years. The contribution of this research includes the latest research positions and future research proposals taking into account the conditions of Indonesian agriculture. The research position is dominated by the research community from countries in Asia such as India (33%), Pakistan (33%), China (14%) and Korea (14%). The originality of this research is a literature study on the integration of blockchain and artificial intelligence in agriculture using SLR and text mining.

Keywords: *blockchain, Artificial intelligence, agriculture*

1. PENDAHULUAN

Blockchain dan kecerdasan buatan saat ini telah berkembang dengan pesat di era revolusi industri 4.0. Keduanya memiliki peran yang berbeda namun dapat saling melengkapi. Salah satu fitur utama dari *blockchain* adalah *immutability* yang merupakan fitur untuk keamanan data agar tidak dapat diubah oleh seorang pengguna. Perubahan data dalam sistem *blockchain* mungkin dilakukan atas persetujuan suatu konsensus. Berikutnya kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) memiliki keunggulan yang terletak pada kemampuannya dalam hal meniru kecerdasan manusia seperti pada proses pembelajaran dan penyelesaian masalah. Perpaduan antara *blockchain* dan kecerdasan buatan akan menjadi revolusi untuk generasi digital (Dinh & Thai, 2018) dan akan banyak diterapkan dalam berbagai bidang termasuk dalam bidang pertanian.

Teknologi *blockchain* menawarkan keamanan data untuk meningkatkan kepercayaan pengguna melalui sistem data terdistribusi. *Blockchain* juga memiliki kemampuan untuk mengotomatisasi pembayaran dalam *cryptocurrency*, menyediakan akses data transaksi secara desentralisasi yang aman dan tepercaya (Salman et al., 2019), (Yadaf & Singh, 2019), (Zheng et al., 2017). Teknologi *blockchain* pertama kali dikenalkan melalui sistem *bitcoin* (Nakamoto, 2008) dan terus berkembang baik dalam hal manajemen, privasi, keamanan dan tata kelola data hingga diaplikasikan untuk meningkatkan kepercayaan sistem pada bidang kesehatan, pendidikan, bisnis, industri, manajemen rantai pasok dan keuangan (Casino, Dasaklis & Patsakis, 2019), (Dave et al., 2019), (Casado et al., 2018).

Teknologi kecerdasan buatan menawarkan kemudahan bagi pengguna di antaranya melalui berbagai macam teknik pembelajaran dan optimasi melalui konsep *machine learning* dan *swarm intelligence*. Kecerdasan buatan sendiri didefinisikan sebagai suatu mesin atau program yang memiliki kecerdasan di dalamnya guna menyelesaikan suatu pekerjaan (Dinh & Thai, 2018). Konsep kecerdasan buatan mulai dikenal oleh masyarakat awam saat kemenangan *deep blue* (pemograman catur berbasis kecerdasan buatan) atas Garry Kasparov (juara dunia catur) dalam permainan catur, meskipun teknologi AI mulai dirintis oleh John McCarthy (1927) (Vardi, 2012). Berbagai penerapan teknologi kecerdasan buatan diantaranya meliputi pengembangan sistem pakar, *robotic*, pengenalan suara, *computer vision*, *artificial neural network* dan sistem *fuzzy* (Singh, Rathore & Park, 2019), (Bannerjee et al., 2018).

Era revolusi industri 4.0 telah mendorong penerapan teknologi informasi di berbagai bidang termasuk dalam pertanian yang mendorong era agromaritim 4.0 (IPB, 2019) (Klerkx, Jakku & Labarthe, 2019). Bidang pertanian sendiri akan terus berkembang mengingat pertanian merupakan kebutuhan mendasar dari manusia. Hal ini terlihat dalam data *Food and Agriculture Organization*

(FAO) of the United Nations (FAO, 2019) yang menunjukkan peningkatan produksi pertanian pada skala dunia yakni sebesar 4,1% di dekade terakhir. Teknologi kecerdasan buatan dalam agromaritim 4.0 umumnya digunakan untuk prediksi hasil panen, deteksi penyakit tanaman, manajemen tanaman, pengendalian hama, pengendalian penyakit, manajemen irigasi, manajemen nutrisi tanah, pemantauan produksi dan pemantauan penyimpanan produk pertanian (Liakos et al., 2018), (Bannerjee et al., 2018). Implementasi *blockchain* dalam pertanian mayoritas digunakan dalam penyelesaian masalah manajemen rantai pasok serta sebagai media penyimpanan data dalam sistem *Internet of Things* (IOT) (Almeida et al., 2018), (Ge et al., 2017), (Kim & Laskowski, 2018).

Penelitian *Systematic Literature Review* (SLR) untuk teknologi *blockchain* di bidang pertanian ditemukan dalam kurun waktu 2018-2020. Penelitian tersebut diinisialisasi oleh (Almeida et al., 2018) dengan hasil dominasi penelitian *blockchain* ada pada kasus manajemen rantai pasok pertanian. Selain itu penerapan teknologi *blockchain* di pertanian di dominasi oleh komunitas peneliti dari Asia, dalam hal ini ada pada negara China. Penelitian (Yadaf & Singh, 2019) juga memperkuat penelitian sebelumnya dimana riset masih didominasi oleh Asia. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa topik utama riset *blockchain* dalam pertanian adalah mengenai ketertelusuran rantai pasok pertanian. Berbeda dengan hal tersebut, penelitian (Kasten, 2020) berfokus pada SLR untuk keamanan pangan, proses produksi serta pengiriman produk.

Penelitian mengenai tinjauan pustaka terkait penerapan *blockchain* dalam pertanian dipertajam dengan ruang lingkup yang lebih spesifik dan dengan penambahan metode lain. Sepertihalnya penelitian (Antonucci et al., 2019) menggunakan analisis pemetaan dalam mempelajari penelitian *blockchain* untuk produk *agrifood* dalam perspektif komputasi dan aplikasi. Penelitian tersebut juga mengulas faktor-faktor ketidakpastian yang harus diperhatikan dalam memperkuat struktur *blockchain* dalam sektor *agrifood*. Penelitian (Mirabelli & Solina, 2020) berfokus untuk ketertelusuran manajemen rantai pasok pertanian dimana dalam analisa deskripsinya menggunakan analisa jaringan dari kata-kata yang muncul dalam artikel ada. Beberapa kata yang dominan meliputi *smart agriculture*, *Internet of Things* (IOT), *sustainability*, *traceability* serta *ethereum & smart contract*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi *blockchain* di pertanian telah berkembang dengan pesat yang dilihat dari jumlah riset yang ada.

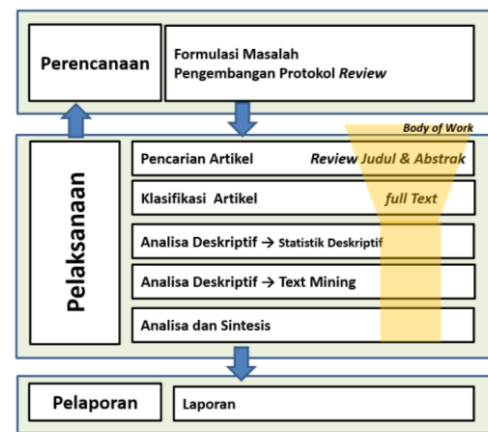
Berbagai ulasan mendalam terkait penerapan *blockchain* dalam pertanian juga telah tersedia. Seperti pada penelitian (Demestichas et al., 2020) mengulas penggunaan *blockchain* dalam sistem ketertelusuran di pertanian. Hasil penelitian tersebut menunjukkan penggunaan *blockchain* dapat

meningkatkan sistem ketertelusuran yang ada melalui penyimpanan data secara permanen. Berikutnya penelitian (Xiong et al., 2020) telah melakukan pembahasan mengenai aspek teori dan aplikatif dari implementasi *blockchain* pada kasus rantai pasok makanan, asuransi produk pertanian, konsep pertanian cerdas dan transaksi produk pertanian. Ulasan mendalam mengenai teknik yang digunakan untuk penerapan *blockchain* dalam pertanian dibahas oleh (Lin et al., 2020). Pembahasannya meliputi elemen teknis (struktur data, kriptografi, konsensus), aplikasi, *platform* serta *smart contract*. Penelitian tersebut juga mengusulkan penerapan *blockchain* pasca pandemi Covid-19. Ulasan terkait penggunaan *blockchain* untuk keamanan pangan dibahas pada penelitian (Wang & Yang, 2020). Pembahasan meliputi permasalahan yang mungkin muncul dalam implementasi *blockchain* seperti infrastuktur, biaya serta regulasi.

Berdasarkan penelitian studi literatur di atas, belum ditemukan studi literatur mengenai implementasi *blockchain* dan kecerdasan buatan secara bersamaan di bidang pertanian. Mayoritas penelitian studi literatur yang ada berupa kajian dari implementasi kedua teknologi tersebut secara terpisah dan studi mengenai konsep kedua teknologi tersebut di bidang pertanian. Berbeda dengan hal tersebut artikel ini menyajikan kajian literatur mengenai penerapan integrasi teknologi *blockchain* dan kecerdasan buatan serta memberikan potensi pengembangan riset sesuai kondisi di Indonesia. Kontribusi artikel terletak pada posisi riset terkini serta usulan riset ke depan mengenai penerapan kedua teknologi tersebut di bidang pertanian. Tujuan artikel ilmiah ini adalah meninjau penerapan teknologi *blockchain* dan kecerdasan buatan pada pertanian serta melihat peluang penerapan kedua teknologi tersebut secara bersama-sama pada bidang pertanian. Originalitas riset berupa studi literatur menggunakan SLR dan *text mining* dalam tema *blockchain* dan kecerdasan buatan di bidang pertanian. Struktur penulisan artikel ini secara berurut meliputi pendahuluan, penelitian sebelumnya, metodologi, hasil dan pembahasan serta kesimpulan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan *text mining* untuk analisa deskriptif. SLR digunakan untuk memberikan gambaran yang komprehensif terkait topik penelitian (Xiao & Watson, 2019). *Text mining* digunakan untuk memberikan gambaran umum artikel yang terkumpul berdasarkan kata-kata yang ada di seluruh artikel (O'Mara-Eves et al., 2015). Dalam studi literatur ini, proses *text mining* digunakan untuk memperkuat hasil yang diperoleh dari SLR. Proses SLR dengan *text mining* yang digunakan dalam studi ini merupakan pengembangan proses SLR (Xiao & Watson, 2019). Secara rinci proses tersebut dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Proses SLR dengan *Text Mining*

2.1. Proses Perencanaan

Pedoman yang digunakan dalam proses pencarian dan proses klasifikasi artikel secara umum adalah sebagai berikut :

- (1) kata kunci pencarian yang digunakan meliputi *blockchain*, *blockchain ai*, *blockchain artificial intelligence* dan *blockchain agriculture*.
- (2) Artikel terbaru (2016 - 2020) bereputasi dan terindeks.
- (3) Proses pengelompokan dilakukan dengan mengklasifikasikan artikel dalam subtopik. Jika terdapat 1 artikel ilmiah dengan subtopik lebih dari 1, maka akan dipilih satu subtopik yang dominan.

2.2. Proses Pelaksanaan

Statistika deskriptif digunakan untuk melihat gambaran mengenai posisi penelitian *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam pertanian. Hasil artikel yang terkumpul disajikan dalam bentuk diagram dan grafik untuk mempermudah proses analisis.

Text mining dalam tahap ini digunakan untuk memberikan deskripsi penelitian *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam pertanian. Proses *text mining* menggunakan *software* NVIVO 12 terhadap jurnal yang memiliki kesesuaian dengan topik penelitian. Hasil *text mining* berupa *word of cloud* dan pohon *clustering*.

Proses sintesa dilakukan berdasarkan hasil analisa deskriptif. Dalam tahap ini dilakukan pembahasan mengenai kontribusi artikel terhadap bidang pertanian serta kendala-kendala yang ditemukan. Pengembangan usulan riset terkait penerapan *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam pertanian disusun dengan mempertimbangkan hasil studi literatur dan juga berdasarkan kondisi pertanian yang ada di Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pencarian dan Klasifikasi Artikel

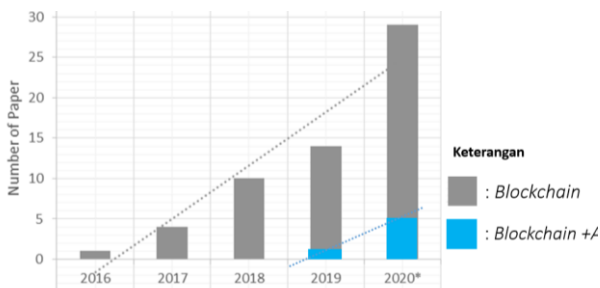
Dari hasil pencarian sesuai kata kunci, diperoleh data berupa artikel ilmiah dalam bentuk jurnal dan *proceeding* dengan jumlah sebanyak 58 buah. Artikel ilmiah tersebut diterbitkan pada tahun 2016 – Agustus 2020 serta memiliki tema besar *blockchain* dalam pertanian. Artikel ilmiah yang terkumpul kemudian diklasifikasi kembali berdasarkan subtopik artikel ilmiah yang secara umum terbagi dalam 5 kelompok. Pemilihan subtopik di setiap kelompok dilakukan berdasarkan pengembangan dari penelitian (Yadaf & Singh, 2019) yakni :

- (1) Ulasan penerapan *blockchain* di pertanian (*Survey*).
- (2) Implementasi *blockchain* dalam masalah manajemen rantai pasok (*Supply Chain Management/SCM*) di pertanian.
- (3) Implementasi *blockchain* sebagai *data base* (*DB*) di bidang pertanian.
- (4) Integrasi *blockchain* dan *Internet of Things* (*IOT*) di pertanian.
- (5) Integrasi *blockchain* dan Kecerdasan Buatan (*AI*) di pertanian.

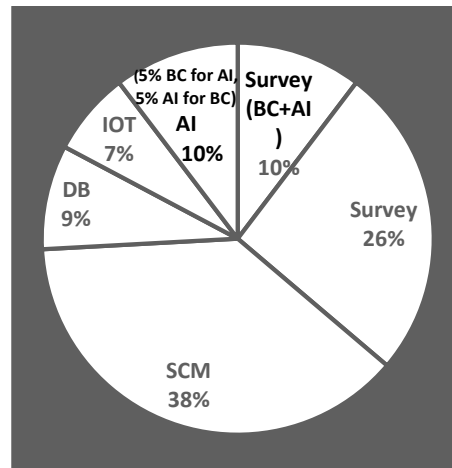
Hasil pengelompokan dan pengumpulan artikel ilmiah tersebut disajikan dalam Tabel 1.

3.2. Hasil Analisa Deskriptif

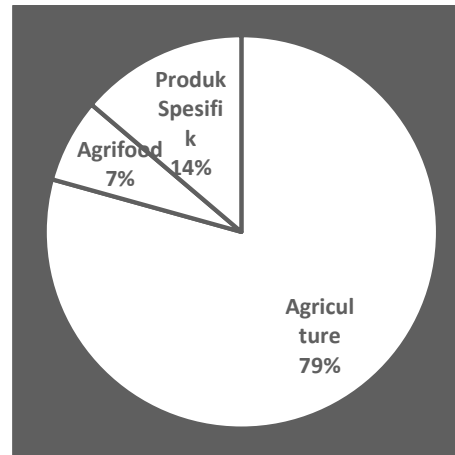
Diagram dan grafik digunakan untuk menganalisa posisi riset *blockchain* dan AI dalam pertanian. Gambar 2 menunjukkan jumlah artikel ilmiah pertahun. Gambar 3 menunjukkan persentase hasil klasifikasi dari artikel ilmiah terkait. Gambar 4 menunjukkan persentase objek pertanian yang diteliti. Gambar 5 menunjukkan lokasi penelitian.



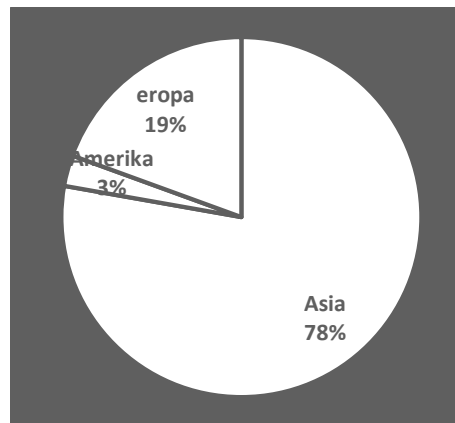
Gambar 2. Jumlah Artikel Ilmiah Terkait per Tahun.



Gambar 3. Persentase Artikel Blockchain Berdasarkan Subtopik



Gambar 4. Persentase Artikel Berdasarkan Objek Penelitian



Gambar 5. Persentase Artikel Berdasarkan Lokasi Penelitian

Tabel 1 Penelitian terkait penerapan *blockchain* di bidang pertanian

No	Sitasi	Subtema					Objek			Deskripsi Singkat
		a	b	c	d	e	f	g	h	
1	(Tian, 2016)		•					•		Menggunakan <i>blockchain</i> dan RFID untuk manajemen rantai pasok makanan di China
2	(Tse et al., 2017)		•					•		Mengedepankan penerapan teknologi <i>Blockchain</i> dalam keamanan informasi dari rantai suplai makanan di China
3	(Papa, 2017)		•					•		Pemanfaatan <i>blockchain</i> untuk transparansi SCM agribisnis.
4	(Xie, Sun & Luo, 2017)			•				•		Merancang skema untuk penyimpanan data berdasarkan <i>blockchain</i>
5	(Lin et al., 2017)				•			•		Memperkenalkan prototype sistem ICT <i>e-Agriculture</i>
6	(Salah et al., 2018)	•						•		Review <i>Blockchain</i> dengan AI dalam berbagai bidang, termasuk pertanian
7	(Almeida et al., 2018)	•						•		Review <i>Blockchain</i> dalam pertanian
8	(Rabah, 2018)	•						•		Memberikan gambaran umum penerapan <i>big data</i> dalam berbagai bidang
9	(Kumar & Iyengar, 2018)		•					•		Implementasi <i>blockchain</i> untuk SCM di India
10	(Leng et al., 2018)		•					•		SCM pertanian dengan arsitektur rantai ganda berbasis teknologi <i>blockchain</i>
11	(Lucena et al., 2018)		•					•		Pelacakan penjaminan mutu gandum berdasarkan jaringan bisnis <i>blockchain</i>
12	(Carbone et al., 2018)		•					•		Penerapan teknologi <i>blockchain</i> , <i>cloud</i> dan IOT untuk rantai pasokan makanan.
13	(Hua et al., 2018)		•					•		Pemanfaatan <i>blockchain</i> untuk membangun kepercayaan
14	(Casado et al., 2018)		•					•		Penggunaan <i>blockchain</i> dalam penerapan industri pertanian
15	(Patil et al., 2018)			•				•		<i>Smart greenhouse farm</i> berbasis IOT dengan framework <i>blockchain</i>
16	(Yadaf & Singh, 2019)	•						•		Meninjau aplikasi <i>blockchain</i> di bidang pertanian
17	(Dave et al., 2019)	•						•		Meninjau aplikasi <i>blockchain</i> di berbagai bidang termasuk pertanian
18	(Singh, Rathore & Park, 2019)	•						•		Konsep BlockIOTIntelligence
19	(Antonucci et al., 2019)	•						•		Review <i>blockchain</i> dalam <i>agrifood</i>
20	(Arena et al., 2019)		•					•		BRUSCHETTA: <i>Blockchain-IOT framework</i> untuk SCM komoditas minyak zaitun
21	(Kamble, Gunasekaran & Sharma, 2019)		•					•		Pemodelan <i>blockchain</i> dalam SCM pertanian
22	(Kamilaris, Fonts & Prenafeta-Boldó, 2019)		•					•		Penerapan <i>blockchain</i> dalam rantai pasokan makanan
23	(Salah et al., 2019)		•					•		Penerapan <i>blockchain</i> untuk SCM kedelai
24	(Reddy, Aravind Reddy & Sashi Rekha, 2019)		•					•		Penggunaan <i>Blockchain</i> untuk meningkatkan efisiensi SCM pertanian
25	(Wu & Tsai, 2019)				•			•		<i>Blockchain</i> digunakan untuk pengamanan data jaringan pada pertanian
26	(Bordel et al., 2019)				•			•		Penggunaan <i>blockchain</i> untuk masalah otomasi irigrasi
27	(Munir, Bajwa & Cheema, 2019)					•		•		Penggunaan logika <i>fuzzy</i> pada kasus sistem <i>smart watering</i> menggunakan <i>blockchain</i>
28	(Nazarov, Shvedov & Sulimin, 2019)	•						•		Usulan pengembangan <i>blockchain</i> untuk agro industri Rusia
29	(Iswari, Arkeman & Muslich, 2019)		•					•		Rancang bangun sistem <i>blockchain</i> untuk rantai pasok kakao
30	(Ferrag et al., 2020)	•						•		Studi literatur penerapan <i>blockchain</i> IOT di pertanian
31	(Lezoche et al., 2020)	•						•		Studi literatur teknologi di SCM
32	(Mirabelli & Solina, 2020)	•						•		Studi literatur <i>blockchain</i> dan SCM
33	(Mistry et al., 2020)	•						•		Review penerapan <i>blockchain</i> di teknologi 5G dan pertanian secara umum
34	(Sisodiya & Garg, 2020)	•						•		Review <i>blockchain</i> dan aplikasinya
35	(Xiong et al., 2020)	•						•		Review implementasi <i>blockchain</i> di pertanian
36	(Alam et al., 2020)	•						•		Konsep <i>smart farming & blockchain</i> dalam pertanian
37	(Borah et al., 2020)		•					•		Penggunaan <i>blockchain</i> dan IOT untuk SCM pertanian
38	(Kamble, Gunasekaran & Sharma, 2020)		•					•		<i>Blockchain</i> dengan SCM untuk keandalan layanan
39	(Shahid et al., 2020b)		•					•		Implementasi <i>blockchain</i> untuk SCM berdasarkan reputasi sitem
40	(Shahid et al., 2020a)		•					•		Solusi <i>blockchain</i> untuk pertanian SCM
41	(Shingh et al., 2020)		•					•		Pengembangan <i>blockchain</i> pada produk susu murni
42	(Tiwari, 2020)		•					•		Penerapan <i>blockchain</i> untuk <i>agrifood</i> SCM
43	(Daniel & Ifejika Speranza, 2020)d				•			•		<i>Blockchain</i> untuk dokumentasi data
44	(Chinnaiyan & Balachandar, 2020)			•				•		Penggunaan <i>blockchain</i> , IOT, drone & sensor untuk pertanian

No	Sitasi	Subtema					Objek			Deskripsi Singkat
		a	b	c	d	e	f	g	h	
45	(Dakshayini & Balaji Prabhu, 2020)					•	•			Sistem Penunjang Keputusan berbasis <i>big data</i> dalam sistem <i>blockchain</i>
46	(Khan, Byun & Park, 2020)					•	•			Model RNN untuk prediksi penjualan produk pertanian dalam sistem <i>blockchain</i>
47	(Yadav et al., 2020)					•	•			Penggunaan <i>fuzzy</i> untuk evaluasi kinerja <i>blockchain</i>
48	(Kasten, 2020)	•					•			Studi Literatur implementasi <i>blockchain</i> di pertanian
49	(Awan et al., 2020)					•	•			Peningkatan kinerja <i>blockchain</i> melalui perutean protokol dalam sistem IOT- <i>Blockchain</i> pertanian
50	(Mao et al., 2020)					•		•		Peningkatan kinerja konsensus <i>blockchain</i> dalam kasus ketelusuran produk teh menggunakan AHP
51	(Hang, Ullah & Kim, 2020)				•			•		Penggunaan <i>blockchain</i> untuk data base produk perikanan
52	(Lin et al., 2020)	•						•		Ulasan mengenai teknik dan aplikasi <i>blockchain</i> dalam pertanian
53	(Putri, Hariadi & Wibawa, 2020)		•					•		Penggunaan <i>blockchain</i> dalam menunjang manajemen rantai pasok produk cabai di Indonesia
54	(Demestichas et al., 2020)	•						•		Ulasan mengenai sistem penelusuran produk pertanian menggunakan <i>blockchain</i>
55	(Wang & Yang, 2020)	•						•		Ulasan mengenai keamanan produk <i>agrifood</i> menggunakan <i>blockchain</i> .
56	(Li, Wang & Li, 2020)				•			•		Analisis keberlanjutan sistem <i>blockchain</i> dalam pertanian
57	(Chen, Li & Li, 2020)	•						•		Ulasan mengenai <i>digital agricultural democratization</i> menggunakan <i>blockchain</i>
58	(Zhang, Cao & Dong, 2020)	•						•		Ulasan penerapan, teknik serta tantangan riset mengenai <i>blockchain</i> dan IOT dalam pertanian.

Keterangan : a : Survey, b : SCM, c : IOT, d : DB, e : AI, f : Agriculture, g : agrifood , h : produk spesifik pertanian

Berdasarkan Tabel 1 serta Gambar 2 sampai Gambar 5, dapat terlihat bahwa dominasi penelitian terkait *blockchain* di pertanian adalah sebagai berikut:

- (1) Publikasi tertinggi ada di tahun 2020, meskipun publikasi baru sampai bulan Agustus 2020. Penggunaan *blockchain* pada bidang pertanian menunjukkan peningkatan yang diikuti pula peningkatan riset *blockchain* dan AI pada 2019 dan 2020.
- (2) Mayoritas publikasi mengenai *blockchain* di pertanian berfokus pada topik *supply chain management* (SCM) (38%) dan ulasan mengenai teknologi *blockchain* (36%)
- (3) Mayoritas publikasi (79%) membahas produk pertanian secara umum. Secara spesifik produk pertanian yang telah diulas sebanyak 14% meliputi komoditas padi, kedelai, kakao, cabai, susu dan produk perikanan.
- (4) Asia masih memiliki dominasi tertinggi (78%) dalam hal lokasi penelitian penerapan *Blockchain*. Negara dengan jumlah penelitian tertinggi adalah India (28%), China (22%) dan Spanyol (8%). Terdapat 2 penelitian dengan lokasi penelitian di Indonesia yang berfokus pada komoditas cabai dan kakao.
- (5) Publikasi terkait *blockchain* dan AI sebanyak 20% dengan rincian 10% berupa implementasinya dalam bidang pertanian dan 10% berupa ulasan, rekomendasi dan tantangan riset dari integrasi tersebut di bidang pertanian.

Hasil analisa deskriptif berdasarkan *text mining* dari seluruh artikel *blockchain* dan kecerdasan buatan disajikan dalam Gambar 6. Pada Gambar 6(a), dominasi kata-kata yang muncul adalah *blockchain*, *data*, *IOT*, *AI*, *aplications*, *technology*, *system*,

information, *network* dan *learning* Hubungan kata-kata ini membentuk suatu *cluster* yang diilustrasikan dalam pohon pada Gambar 6(b). Dalam pohon tersebut *aplications*, *blockchain*, AI dan IOT berada dalam sebuah *cluster*. Konsep *blockchain*, AI dan IOT dalam artikel-artikel yang ada secara umum merepresentasikan tantangan penelitian di masa depan. Kata *technology*, *system*, *information*, *network* *learning* dan *data* muncul pada *cluster* lain. Hal ini menunjukkan kata-kata tersebut dekat dengan aplikasi *blockchain*, IOT dan AI.



Gambar 6. (a) Word of Cloud; (b) Hasil clustering dalam tree

3.4. Hasil Studi Literatur

Berdasarkan hasil klasifikasi, terdapat 12 artikel terkait *blockchain* dan kecerdasan buatan di pertanian dengan rincian 6 paper berupa implementasi serta 6 paper berupa ulasan (survey). Ulasan mengenai 12 artikel ilmiah tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Studi Literatur

No	Referensi	Deskripsi
1	(Munir, Bajwa & Cheema, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan <i>prototype Smart Watering System</i> (SWS) di Pakistan. - Sistem berbasis logika <i>fuzzy</i> digunakan memutuskan tindakan berdasarkan nilai variabel input, - Sistem yang diusulkan aman dan efisien untuk proses penyiraman tanaman.
2	(Dakshay ini & Balaji Prabhu, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Integrasi model <i>big data</i> dengan teknologi <i>blockchain</i> untuk sinkronisasi permintaan dan penawaran dalam produk pertanian di India. - <i>Blockchain</i> digunakan untuk mengurangi peran perantara (tengkulak). - Model secara efektif meningkatkan kualitas sistem pertanian berdasarkan tingkat kesesuaian permintaan dan penawaran.
3	(Khan, Byun & Park, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan SCM dalam industri 4.0 dalam sektor pangan akan lebih optimal jika diintegrasikan teknologi IOT, <i>blockchain</i> dan kecerdasan buatan. - Penggunaan <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) untuk prediksi penjualan produk pertanian. Optimisasi algoritma genetika (GA) secara bersama sama untuk mengoptimalkan parameter model hibrida. - Model digunakan untuk membantu para praktisi rantai pasokan untuk mengambil keputusan sesuai hasil prediksi.
4	(Yadav et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluasi pelaksanaan penerapan <i>blockchain</i> dalam rantai pasok pertanian di India menggunakan pendekatan <i>Fuzzy</i>. - Penerapan model evaluasi menggunakan <i>Total Interpretive Structural Modeling</i> (TISM), <i>System Dynamics Modelling</i> (SDM). Hambatan yang ada dikelompokkan menjadi dalam kelompok yang cocok menggunakan <i>Fuzzy-MICMAC</i>.
5	(Salah et al., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan <i>framework</i> yang jelas atas penerapan AI dan <i>Blockchain</i> di berbagai bidang termasuk pertanian - Memberikan taksonomi yang jelas mengenai penerapan AI dan <i>Blockchain</i> - Memberikan ulasan yang jelas mengenai peran AI dalam meningkatkan sistem <i>blockchain</i> dan ulasan mengenai peran <i>blockchain</i> dalam memperkuat sistem AI.
6	(Rabah, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Menggambarkan konsep <i>blockchain</i>, IOT, AI dan <i>big data</i> di berbagai bidang - Penerapan <i>blockchain</i> dan AI di pertanian tidak secara spesifik dijelaskan
7	(Singh, Rathore & Park, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengulas penerapan <i>blockchain</i>, AI dan IOT di berbagai bidang - Penerapan <i>blockchain</i> dan AI di pertanian tidak secara spesifik dijelaskan

No	Referensi	Deskripsi
8	(Lezoche et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Ulasan terhadap teknologi <i>blockchain</i>, AI, IOT dan <i>Big data</i> dalam era <i>agrifood 4.0</i> - Masa depan pertanian adalah dalam penciptaan sistem pertanian yang tangguh dan berkelanjutan. Pengelolaan manajemen ketidakpastian berbasis pertanian yang telah diidentifikasi meliputi Produk, Proses, Pasar dan Lingkungan,
9	(Xiong et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Ulasan mengenai penerapan teknologi <i>blockchain</i> dalam rantai pasokan makanan, asuransi pertanian, <i>smart farming</i>, transaksi produk pertanian dalam perspektif teoretis dan praktis. - Keterbatasan dalam penerapan <i>blockchain</i> di bidang pertanian meliputi diperlukan motivasi kepada pihak yang bertansaksi untuk memberikan informasi yang asli dan tepat dalam <i>blockchain</i>, implementasi <i>blockchain</i> pada sistem sebelumnya belum tentu berjalan dengan baik, biaya untuk menyimpan data dalam <i>blockchain</i> bisa jadi sangat mahal dan tidak sebanding dengan harga komoditas pertanian pada umumnya.
10	(Alam et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Ulasan mengenai penerapan teknologi <i>blockchain</i>, dan AI. - Memberikan usulan berupa <i>framework</i> untuk konsep <i>neoteric smart & sustainable farming environment</i> berdasarkan <i>blockchain</i> dan AI.
11	(Awan et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengembangkan rute protokol guna menghapus data yang berlebihan melalui pendekatan <i>clustering</i>. - meningkatkan kinerja sistem jaringan <i>Blockchain</i> IOT dalam <i>smart agriculture</i>
12	(Mao et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Implementasi pada kasus <i>Blockchain IOT</i> untuk produk teh di China. - Pendekatan <i>AHP</i> digunakan untuk membantu menentukan <i>nodes</i> yang tepat. - Membuat sitem ketelusuran dari prodek teh bekerja ebih baik.

Perpaduan *blockchain* dan kecerdasan buatan dapat meningkatkan keamanan dan kepercayaan dari suatu sistem cerdas atau dapat pula meningkatkan kinerja sistem *blockchain* secara cerdas Hal ini merupakan bagian dari konsep *blockchain for AI* maupun *AI for blockchain*. konsep *blockchain for AI* adalah penggunaan *blockchain* untuk mendukung keamanan data dari sistem AI, sedangkan konsep *AI for blockchain* merupakan penggunaan AI untuk dapat meningkatkan kinerja *blockchain* (Salah et al., 2018). Penelitian (Salah et al., 2018) kemudian menjadi rujukan untuk pengembangan konsep *blockchain* dan kecerdasan buatan termasuk dalam bidang pertanian.

Posisi riset *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam pertanian dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Dari Gambar 2 terlihat peningkatan publikasi dari riset *blockchain* dan kecerdasan buatan dari 1 buah publikasi di tahun 2019 menjadi 5 buah di tahun 2020 dengan total sebanyak 6 buah publikasi. Dari total tersebut 3 artikel masuk dalam konsep

blockchain for AI dan sisanya masuk dalam konsep *AI for Blockchain*.

Konsep *blockchain for AI* dalam bidang pertanian diinisialisasi melalui penelitian (Munir, Bajwa & Cheema, 2019) dengan menggunakan *blockchain* dan logika *fuzzy* pada *Smart Watering System* (SWS). Penelitian (Dakshayini & Balaji Prabhu, 2020) telah membuat sistem penunjang keputusan berbasis *big data* dalam sistem *blockchain*. Penelitian (Khan, Byun & Park, 2020) telah menggunakan data dalam teknologi *blockchain-IOT* untuk memprediksi penjualan produk pertanian menggunakan pendekatan *deep learning*. Ketiga penelitian tersebut memanfaatkan *blockchain* sebagai media untuk menyimpan data secara aman serta memanfaatkan data yang ada dengan pendekatan kecerdasan buatan.

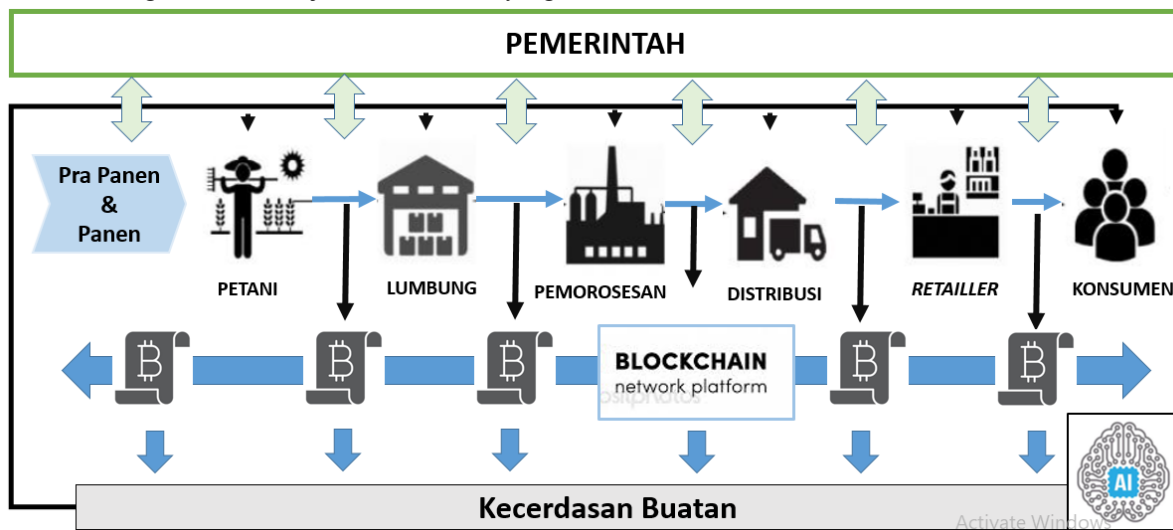
Konsep *AI for blockchain* ditemukan pada tiga penelitian berikut. Penelitian (Awan et al., 2020) menggunakan *Emergent Routing Scheme* untuk meningkatkan kinerja sistem *blockchain – IOT* untuk *smart agriculture*. Penelitian (Mao et al., 2020) menggunakan model *analytic hierarchy process* (AHP) untuk meningkatkan kinerja dalam proses konsensus *blockchain* dalam kasus produk teh. Kedua penelitian tersebut memanfaatkan kecerdasan buatan untuk meningkatkan kinerja *blockchain* yang

diterapkan dalam kasus pertanian. Berbeda dengan hal di atas, penelitian (Yadav et al., 2020) menggunakan pendekatan *fuzzy* untuk mengevaluasi sistem *blockchain* yang telah berjalan dalam sistem manajemen rantai pasok pertanian.

Dari berbagai penelitian tersebut di atas membuktikan bahwa penggabungan kecerdasan buatan dan *blockchain* merupakan hal yang mungkin dilakukan. Konsep *blockchain for AI* maupun *AI for blockchain* keduanya dapat diimplementasikan secara bersamaan pada bidang pertanian. Penelitian *blockchain* dan AI dalam pertanian masih didominasi oleh komunitas peneliti Asia yakni India (33%), Pakistan (33%), China (14%) dan Korea (14%).

Tantangan penelitian ke depan berdasarkan hasil studi literatur secara ringkas disampaikan sebagai berikut:

- (1) Penggunaan sistem *blockchain* oleh seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam rantai pasok pertanian.
- (2) Peningkatan proses bisnis sistem.
- (3) Peningkatan peran pemerintah dan kepercayaan antar pemangku kepentingan.
- (4) Integrasi teknologi *blockchain*, kecerdasan buatan, IOT dan *big data* di bidang pertanian.



Gambar 7. Usulan Pengembangan Riset *Blockchain* dan AI untuk komoditas Padi di Indonesia

3.4. Usulan Pengembangan

Berdasarkan tantangan penelitian yang ditemukan dan dengan mempertimbangkan kondisi pertanian di Indonesia, maka diusulkan suatu sistem yang merupakan salah satu penerapan AI dan *blockchain* di bidang pertanian. Pemilihan implementasi pada manajemen rantai pasok dikarenakan dominasi penelitian yang telah tersedia. Gambar 7 merupakan ilustrasi integrasi AI dan *blockchain* di pertanian. Ilustrasi tersebut merupakan pengembangan dari model (Kumar & Iyengar, 2018) dalam komoditas beras. Beberapa fitur kecerdasan buatan yang dapat ditambahkan meliputi prediksi

harga (Vohra, Pandey & Khatri, 2019) dan prediksi hasil panen (Liakos et al., 2018). Perangkat IOT juga dapat ditambahkan dalam sistem tersebut berupa sensor dan perangkat penunjang lainnya. Model prediksi dapat diperoleh dari *data base* dalam sistem *blockchain* yang kemudian dipelajari berdasarkan konsep kecerdasan buatan. Hasil pembelajaran berupa prediksi disampaikan kepada seluruh aktor yang membutuhkan. Seluruh data yang tersimpan akan menjadi *big data* dan mendorong untuk diterapkannya manajemen *big data* dalam sistem *blockchain* (Karafiloski, 2017).

Dalam kasus rantai pasok pertanian di Indonesia, seringkali ditemukan perantara (*broker/*

tengkulak) (Widodo, Prihadianto & Hartanto, 2018) sehingga membuat panjangnya kondisi rantai pasok yang ada (Apriadi & Saputra, 2017). Penggunaan sistem *blockchain* dalam manajemen rantai pasok dan penggunaan sistem *e-commerce* dapat meminimumkan peran perantara. Hal ini dapat bermuara kepada peningkatan kesejahteraan petani. Konsumen juga diuntungkan dengan menurunnya harga jual komoditas pertanian (Reddy, Aravind Reddy & Sashi Rekha, 2019), (Widodo, Prihadianto & Hartanto, 2018). Adanya sistem tersebut juga akan mempermudah pemerintah untuk memantau harga komoditas pertanian tertentu yang berpengaruh terhadap inflasi.

4. KESIMPULAN

Integrasi *blockchain* dan kecerdasan buatan memiliki rasionalisasi ilmiah yang tinggi. Artinya konsep tersebut dapat diimplementasikan diberbagai bidang. Peluang penelitian dengan mengintegrasikan kedua teknologi tersebut masih terbuka lebar khususnya dibidang pertanian.

Hasil kajian kritis memberikan posisi riset terkait teknologi *blockchain* dan kecerdasan buatan dalam bidang pertanian. Secara keseluruhan riset mengenai teknologi *blockchain* dalam pertanian masih didominasi dalam hal penerapannya pada bidang manajemen rantai pasok pertanian (36%). Riset mengenai *blockchain* dan AI dalam pertanian sebanyak 20% dengan rincian 10% berupa ulasan dan 10% berupa penerapan. Dalam hal penerapan kedua teknologi tersebut, terdapat 5% penelitian menggunakan menggunakan *blockchain* untuk peningkatan keamanan data pada sistem cerdas (*Blockchain for AI*) dan terdapat 5% penelitian menggunakan AI untuk peningkatan kinerja *blockchain* (*AI for blockchain*). Penelitian mengenai penerapan *blockchain* dan AI dalam pertanian didominasi oleh peneliti di Asia seperti India (33%), Pakistan (33%), China (14%) dan Korea (14%).

Peluang kebaruan riset pada integrasi AI dan *Blockchain* dibidang pertanian masih terbuka dengan luas. Berbagai macam sistem AI dapat digunakan sesuai konsep *smart farming*. Teknologi *blockchain* dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan data dari sistem AI yang selama ini masih tersentralisasi. Saran untuk kelanjutan penelitian adalah dengan penggunaan teknologi yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan pengguna sehingga teknologi yang dikembangkan dapat bermanfaat bagi seluruh pemangku kepentingan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Program Studi Doktorat Ilmu Komputer IPB University dan Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- ALAM, M.A., AHAD, A., ZAFAR, S. & TRIPATHI, G., 2020. a neoteric smart & sustainable farming environment incorporating blockchain-based artificial intelligence approach. *Cryptocurrencies & Blockchain Technology Applications*, p.197. <https://doi.org/10.1002/9781119621201.ch11>
- ALMEIDA, O.B.-, CARDENAS-RODRIGUEZ, M., SAMANIEGO-COBO, T., FERRUZOLA-GÓMEZ, E., CABEZAS-CABEZAS, R. & BAZÁN-VERA, W., 2018. Blockchain in agriculture: A systematic literature review. In: *Communications in Computer & Information Science*. Springer Verlag, pp.44-56. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00940-3_4
- ANTONUCCI, F., FIGORILLI, S., COSTA, C., PALLOTTINO, F., RASO, L. & MENESATTI, P., 2019. A review on blockchain applications in the agri-food sector. *Journal of the Science of Food & Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9912>
- APRIADI, D. & SAPUTRA, A.Y., 2017. E-Commerce Berbasis Marketplace Dalam Upaya Mempersingkat Distribusi Penjualan Hasil Pertanian. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. <https://doi.org/10.29207/resti.v1i2.36>
- ARENA, A., BIANCHINI, A., PERAZZO, P., VALLATI, C. & DINI, G., 2019. BRUSCHETTA: An IoT blockchain-based framework for certifying extra virgin olive oil supply chain. In: *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2019*. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP.2019.00049>
- AWAN, S.H., AHMED, S., NAWAZ, A., MAGHDID, S.S., ZAMAN, K., KHAN, M.Y.A., NAJAM, Z. & IMRAN, S., 2020. BlockChain with IoT, an emergent routing scheme for smart agriculture. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110457>
- BANNERJEE, G., SARKAR, U., DAS, S. & GHOSH, I., 2018. Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications & Management Studies*, [online] 7(3). Available at: <www.ijsrcsams.com>.
- BORAH, M.D., NAIK, V.B., PATGIRI, R., BHARGAV, A., PHUKAN, B. & BASANI, S.G.M., 2020. Supply Chain Management in Agriculture Using Blockchain & IoT. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8775-3_11
- BORDEL, B., MARTIN, DI., ALCARRIA, R. & ROBLES, T., 2019. A Blockchain-based Water Control System for the Automatic Management of Irrigation Communities. In: *2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics, ICCE 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICCE.2019.8661940>

- CARBONE, A., DAVCEV, D., MITREKI, K., LJUPCO, K. & STANKOVSKI, V., 2018. Blockchain based Distributed Cloud Fog Platform for IoT Supply Chain Management. <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-144-3-37>
- CASADO, V.R., PRIETO, J., LA PRIETA, F. DE & CORCHADO, J.M., 2018. How blockchain improves the supply chain: Case study alimentary supply chain. In: *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.193>
- CASINO, F., DASAKLIS, T.K. & PATSAKIS, C., 2019. A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification & open issues. *Telematics & Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- CHEN, Y., LI, Y. & LI, C., 2020. Electronic agriculture, blockchain & digital agricultural democratization: Origin, theory & application. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122071>
- CHINNAIYAN, R. & BALACHANDAR, S., 2020. Reliable Administration Framework of Drones & IoT Sensors in Agriculture Farmstead using Blockchain & Smart Contracts. In: *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3378904.3378918>
- DAKSHAYINI, M. & BALAJI PRABHU, B. V., 2020. An Effective Big Data & Blockchain (BD-BC) Based Decision Support Model for Sustainable Agriculture System. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19562-5_8
- DANIEL, D. & IFEJIKA SPERANZA, C., 2020. The Role of Blockchain in Documenting Land Users' Rights: The Canonical Case of Farmers in the Vernacular Land Market. *Frontiers in Blockchain*. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00019>
- DAVE, D., PARIKH, S., PATEL, R. & DOSHI, N., 2019. A survey on blockchain technology & its proposed solutions. In: *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.017>
- DEMESTICHAS, K., PEPPE, N., ALEXAKIS, T. & ADAMOPOULOU, E., 2020. Blockchain in agriculture traceability systems: A review. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app10124113>
- DINH, T.N. & THAI, M.T., 2018. AI & Blockchain: A Disruptive Integration. *Computer*. <https://doi.org/10.1109/MC.2018.3620971>
- FAO, 2019. *World Food & Agriculture Statistical Pocketbook*. Rome: Food & Agriculture Organization of the United Nations.
- FERRAG, M.A., SHU, L., YANG, X., DERHAB, A. & MAGLARAS, L., 2020. Security & Privacy for Green IoT-Based Agriculture: Review, Blockchain Solutions, & Challenges. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973178>
- GE, L., BREWSTER, C., SPEK, J., SMEENK, A. & TOP, J., 2017. Findings from the pilot study Blockchain for Agriculture & Food. [online] Wageningen Economic Research. Available at: <www.wur.eu/economic-research>.
- HANG, L., ULLAH, I. & KIM, D.H., 2020. A secure fish farm platform based on blockchain for agriculture data integrity. *Computers & Electronics in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105251>
- HUA, J., WANG, X., KANG, M., WANG, H. & WANG, F.Y., 2018. Blockchain Based Provenance for Agricultural Products: A Distributed Platform with Duplicated & Shared Bookkeeping. In: *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings*. Institute of Electrical & Electronics Engineers Inc. pp.97-101. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500647>
- IPB, 2019. *Pengembangan Penelitian Agro-Maritim 4.0*. 1st ed. IPB Press.
- ISWARI, D.A., ARKEMAN, Y. & MUSLICH, M., 2019. Analisis Dan Desain Rantai Pasok Kakao Berbasis Blockchain. *JURNAL AGRI-TEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 20(2). <https://doi.org/10.33319/agtek.v20i2.55>
- KAMBLE, S.S., GUNASEKARAN, A. & SHARMA, R., 2019. Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023>
- KAMBLE, S.S., GUNASEKARAN, A. & SHARMA, R., 2020. Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023>
- KAMILARIS, A., FONTS, A. & PRENAFETA-BOLDY, F.X., 2019. The rise of blockchain technology in agriculture & food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.034>
- KARAFILOSKI, E., 2017. BLOCKCHAIN SOLUTIONS FOR BIG DATA CHALLENGES. *IEEE EUROCON 17th International Conference*, (July), pp.763-768. <https://doi.org/10.1109/EUROCON.2017.8011213>
- KASTEN, J., 2020. BLOCKCHAIN ON THE FARM: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Journal of Strategic Innovation & Sustainability*, 15(2), pp.129-153. <https://doi.org/10.33423/jsis.v15i2.2893>
- KHAN, P.W., BYUN, Y.-C. & PARK, N., 2020. IoT-Blockchain Enabled Optimized Provenance System for Food Industry 4.0 Using Advanced Deep Learning. *Sensors*, 20(10), p.2990. <https://doi.org/10.3390/s20102990>
- KIM, H. & LASKOWSKI, M., 2018. Agriculture on the Blockchain: Sustainable Solutions for Food, Farmers, & Financing. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3028164>

- KLERKX, L., JAKKU, E. & LABARTHE, P., 2019. A review of social science on digital agriculture, smart farming & agriculture 4.0: New contributions & a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, . <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- KUMAR, M. & IYENGAR, S.N., 2018. Blockchain: An Emerging Paradigm in Rice Supply Chain Management. *International Journal of Engineering Research in Computer Science & Engineering (IJERCSE)*.
- LENG, K., BI, Y., JING, L., FU, H.C. & Van Nieuwenhuysse, I., 2018. Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology. *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.061>
- LEZOUCHE, M., PANETTO, H., KACPRZYK, J., HERNANDEZ, J.E. & ALEMANY DÍAZ, M.M.E., 2020. Agri-food 4.0: A survey of the Supply Chains & Technologies for the Future Agriculture. *Computers in Industry*. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187>
- LI, X., WANG, D. & LI, M., 2020. Convenience analysis of sustainable E-agriculture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122503>
- LIAKOS, K.G., BUSATO, P., MOSHOU, D., PEARSON, S. & BOCHTIS, D., 2018. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- LIN, W., HUANG, X., FANG, H., WANG, V., HUA, Y., WANG, J., YIN, H., YI, D. & YAU, L., 2020. Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014522>
- LIN, Y.-P., PETWAY, J., ANTHONY, J., MUKHTAR, H., LIAO, S.-W., CHOU, C.-F. & HO, Y.-F., 2017. Blockchain: The Evolutionary Next Step for ICT E-Agriculture. *Environments*. <https://doi.org/10.3390/environments4030050>
- LUCENA, P., BINOTTO, A.P.D., MOMO, F. DA S. & KIM, H., 2018. A Case Study for Grain Quality Assurance Tracking based on a Blockchain Business Network. *symposium on Foundations & Applications of Blockchain, [online] (FAB)*, pp.1-6. Available at: <<http://arxiv.org/abs/1803.07877>>.
- MAO, T., FAN, Y., YANG, J. & WEI, H., 2020. A Research on Tea Traceability Consensus Mechanism Based on Blockchain Technology. In: *New Developments of IT, IoT & ICT Applied to Agriculture*. Springer. pp.129-137. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5073-7_13
- MIRABELLI, G. & SOLINA, V., 2020. Blockchain & agricultural supply chains traceability: Research trends & future challenges. In: *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.054>
- MISTRY, I., TANWAR, S., TYAGI, S. & KUMAR, N., 2020. Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, & challenges. *Mechanical Systems & Signal Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2019.106382>
- MUNIR, M.S., BAJWA, I.S. & CHEEMA, S.M., 2019. An intelligent & secure smart watering system using fuzzy logic & blockchain. *Computers & Electrical Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.05.006>
- NAKAMOTO, S., 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Consulted, 1-9. doi:10.1007/s10838-008-9062-0stem. Consulted.
- NAZAROV, A.D., SHVEDOV, V. V. & SULIMIN, V. V., 2019. Blockchain technology & smart contracts in the agro-industrial complex of Russia. In: *IOP Conference Series: Earth & Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/3/032016>
- O'MARA-EVES, A., THOMAS, J., MCNAUGHT, J., MIWA, M. & ANANIADOU, S., 2015. Using text mining for study identification in systematic reviews: A systematic review of current approaches. *Systematic Reviews*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s13643-015-0031-5>
- PAPA, S.F., 2017. Use of Blockchain Technology in Agribusiness: Transparency & Monitoring in Agricultural Trade. <https://doi.org/10.2991/msmi-17.2017.9>
- PATIL, A.S., TAMA, B.A., PARK, Y. & RHEE, K.H., 2018. A framework for blockchain based secure smart green house farming. In: *Lecture Notes in Electrical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7605-3_185
- PUTRI, A.N., HARIADI, M. & WIBAWA, A.D., 2020. Smart Agriculture Using Supply Chain Management Based on Hyperledger Blockchain. In: *IOP Conference Series: Earth & Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/466/1/012007>
- RABAH, K., 2018. Convergence of AI, IoT, Big Data & Blockchain: A Review. *The Lake Institute Journal, [online] 1(1)*, pp.1-18. Available at: <www.thelakeinstitute.org>.
- REDDY, H., ARAVIND REDDY, Y. & SASHI REKHA, K., 2019. Blockchain: To improvise economic efficiency & supply chain management in agriculture. *International Journal of Innovative Technology & Exploring Engineering*, 8(12), pp.4999-5004. <https://doi.org/10.35940/ijitee.L3749.1081219>

- SALAH, K., NIZAMUDDIN, N., JAYARAMAN, R. & OMAR, M., 2019. Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access*, 7, pp.73295-73305. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2918000>
- SALAH, K., REHMAN, M.H.U., NIZAMUDDIN, N. & AL-FUQAHA, A., 2018. Blockchain for AI: Review & open research challenges. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890507>
- SALMAN, T., ZOLANVARI, M., ERBAD, A., JAIN, R. & SAMAKA, M., 2019. Security services using blockchains: A state of the art survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2863956>
- SHAHID, A., ALMOGREN, A., JAVAID, N., AL-ZAHRANI, F.A., ZUAIR, M. & ALAM, M., 2020a. Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986257>
- SHAHID, A., SARFRAZ, U., MALIK, M.W., IFTIKHAR, M.S., JAMAL, A. & JAVAID, N., 2020b. Blockchain-Based Reputation System in Agri-Food Supply Chain. In: *Advances in Intelligent Systems & Computing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44041-1_2
- SHINGH, S., KAMALVANSI, V., GHIMIRE, S. & BASYAL, S., 2020. Dairy Supply Chain System Based on Blockchain Technology. *Asian Journal of Economics, Business & Accounting*. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2020/v14i230189>
- SINGH, S.K., RATHORE, S. & PARK, J.H., 2019. BlockIoTelligence: A Blockchain-enabled Intelligent IoT Architecture with Artificial Intelligence. *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.002>
- SISODIYA, V.S. & GARG, H., 2020. A Comprehensive study of Blockchain & its various Applications. <https://doi.org/10.1109/PARC49193.2020.236659>
- TIAN, F., 2016. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. In: *2016 13th International Conference on Service Systems & Service Management, ICSSSM 2016*.
- TIWARI, U., 2020. Application of Blockchain in Agri-Food Supply Chain. *Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal*. <https://doi.org/10.33258/bioex.v2i2.233>
- TSE, D., ZHANG, B., YANG, Y., CHENG, C. & MU, H., 2017. Blockchain application in food supply information security. In: *IEEE International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290114>
- VARDI, M.Y., 2012. Artificial intelligence: Past & future. *Communications of the ACM*, . <https://doi.org/10.1145/2063176.2063177>
- VOHRA, A., PANDEY, N. & KHATRI, S.K., 2019. Decision Making Support System for Prediction of Prices in Agricultural Commodity. *Proceedings - 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence, AICAI 2019*, pp.345-348. <https://doi.org/10.1109/AICAI.2019.8701273>
- WANG, Y. & YANG, Y., 2020. Research on Agricultural Food Safety Based on Blockchain Technology. In: *Journal of Physics: Conference Series*. p.12013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1606/1/012013>
- WIDODO, E., PRIHADANTO, R.D. & HARTANTO, D., 2018. Multi period pricing for managing local fruit supply chain. In: *MATEC Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401049>
- WU, H. TE & TSAI, C.W., 2019. An intelligent agriculture network security system based on private blockchains. *Journal of Communications & Networks*. <https://doi.org/10.1109/JCN.2019.000043>
- XIE, C., SUN, Y. & LUO, H., 2017. Secured Data Storage Scheme Based on Block Chain for Agricultural Products Tracking. In: *Proceedings - 2017 3rd International Conference on Big Data Computing & Communications, BigCom 2017*. <https://doi.org/10.1109/BIGCOM.2017.43>
- XIONG, H., DALHAUS, T., WANG, P. & HUANG, J., 2020. Blockchain Technology for Agriculture: Applications & Rationale. *Frontiers in Blockchain*. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00007>
- YADAF, V.S. & SINGH, A., 2019. A systematic literature review of blockchain Technology in Agriculture. *Digital Communications & Networks*, pp.973-981.
- YADAV, V.S., SINGH, A.R., RAUT, R.D. & GOVINDARAJAN, U.H., 2020. Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach. *Resources, Conservation & Recycling*, 161, p.104877. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104877>
- ZHANG, X., CAO, Z. & DONG, W., 2020. Overview of Edge Computing in the Agricultural Internet of Things: Key Technologies, Applications, Challenges. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3013005>
- ZHENG, Z., XIE, S., DAI, H., CHEN, X. & WANG, H., 2017. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, & Future Trends. In: *Proceedings - 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017*. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>