

INOVASI *INTERNET OF THINGS* PADA SEKTOR PERTANIAN: PENDEKATAN ANALISIS SCIENTOMETRICS

Internet of Things Innovation in Agriculture Sector: A Scientometrics Analysis

Budi Harsanto

Departemen Manajemen dan Bisnis, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Padjadjaran
Jl. Dipati Ukur 35, Kota Bandung, Jawa Barat - Indonesia
Telp. (022) 2509055, Fax. (022) 2509055
E-mail : budi.harsanto@unpad.ac.id

(Makalah diterima 28 Mei 2020 - Disetujui 07 Desember 2020)

ABSTRAK

Internet of Things (IoT) yang awalnya digagas untuk perbaikan proses bisnis pada industri manufaktur, saat ini sudah menjadi bagian dari berbagai sektor perekonomian, termasuk sektor primer seperti pertanian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui inovasi berbasis IoT pada sektor pertanian dengan menganalisis metadata publikasi ilmiah yang relevan pada database akademik Scopus sehingga dapat memberikan gambaran bagi peneliti, praktisi, dan pengambil kebijakan tentang inovasi IoT yang telah diimplementasikan secara global. Pengembangan IoT pada sektor pertanian menjadi keniscayaan sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan pangan dan keinginan untuk mengembangkan pertanian secara berkelanjutan. Penelitian diawali dengan penelusuran publikasi ilmiah secara terstruktur dan dianalisis secara kuantitatif menggunakan pendekatan scientometrics. Hasil analisis menunjukkan publikasi ilmiah terbanyak dengan topik IoT pada sektor pertanian berasal dari India, China, dan Amerika Serikat. Analisis terhadap kata kunci menunjukkan adanya lima kluster kata kunci yang terbentuk. Konsep yang mengemuka pada setiap kluster meliputi *internet of things*, *smart agriculture*, *cloud computing*, dan *soil moisture* (kluster 1); *automation*, RFID, *agricultural products* (kluster 2), *agriculture*, *sensors*, *wireless sensor networks* (kluster 3), *sensor nodes* (kluster 4); dan *crops*, *cultivation*, *precision agriculture* (kluster 5).

Kata kunci: inovasi, pertanian, internet of things, scientometrics

ABSTRACT

Internet of things (IoT) which was originally conceived to improve business processes in the manufacturing industry, is now an inseparable part in diverse economic sectors, no exception for primary sectors such as agriculture. The purpose of this paper is to understand the IoT-based innovations in the agricultural sector by analyzing relevant scientific publication's metadata in the Scopus academic databases so it can help researchers, practitioners and policy makers about IoT innovations that have been implemented or researched on a global scale. There are growing need for the use of IoT development in agriculture due to the need for food as well as for developing a more sustainable agriculture in the future. The research begins with a structured search for scholar publications and analyzed quantitatively using a scientometrics approach. The analysis showed that most publications on the topic of IoT in the agricultural sector were from India, China and the United States. Analysis of keywords shows that there are five clusters of keywords formed. In each cluster, there are concepts that emerge namely *internet of things*, *smart agriculture*, *cloud computing* and *soil moisture* (cluster 1); *automation*, RFID, *agricultural products* (cluster 2), *agriculture*, *sensors*, *wireless sensor networks* (cluster 3), *sensor nodes* (cluster 4); and *crops*, *cultivation*, *precision agriculture* (cluster 5).

Key words: innovation, agriculture, internet of things, scientometrics

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, *Internet of Things* (IoT) mendapat perhatian luas dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk di sektor perekonomian. IoT pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada saat memberikan presentasi di perusahaan Procter & Gamble (P&G) pada tahun 1999 (Ashton, 2010). Dalam presentasi tersebut, IoT pada mulanya diajukan sebagai ide perbaikan rantai pasok (*supply chain*) bisnis P&G melalui penggunaan *radio-frequency identification* (RFID). RFID merupakan teknologi jaringan tanpa kabel untuk mengidentifikasi obyek yang telah diberi tag sebelumnya.

Bila pada awalnya IoT diperkenalkan pada industri manufaktur yang merupakan bagian sekunder dari sektor perekonomian, kemudian berkembang pada sektor lainnya, termasuk sektor primer. Sektor primer adalah sektor yang mengekstraksi bahan baku dari alam seperti pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, dan pertambangan (Kenessey, 1987).

Sektor primer selama ini identik dengan proses produksi yang bersifat tradisional dan tertinggal dalam implementasi IoT (Lee and Prowse, 2014; McKinsey Global Institute, 2015). Meski demikian, IoT diprediksi menjadi bagian penting dan tak terpisahkan dari sektor primer pada masa kini dan ke depan (McKinsey Global Institute, 2015; Meola, 2020).

Riset-riset terkini menunjukkan pengembangan IoT pada sektor pertanian menjadi keniscayaan mengingat semakin tingginya kebutuhan pangan (Antony *et al.*, 2020). IoT berpotensi membantu meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian karena dapat memfasilitasi otomatisasi dan monitoring berbagai proses dengan akurasi tinggi dibandingkan dengan pertanian tradisional (Pillai and Sivathanu, 2020).

IoT pada dunia pertanian mendapatkan perhatian yang terus meningkat karena dapat membantu memberikan informasi tentang kondisi tanah, tanaman, konsumsi energi, perilaku hewan, dan aspek lainnya (Ahmed *et al.*, 2018). Dengan berbagai potensi tersebut, IoT pada bidang pertanian dapat membantu petani mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan lahan untuk usaha tani (Pillai and Sivathanu, 2020).

Di Indonesia, peran vital pertanian bagi perekonomian dan perdagangan internasional tidak diragukan lagi. Meskipun pengembangan ekonomi nasional saat ini lebih mengarah kepada sektor industri (diindikasikan oleh GDP sektor industri 44,10% sementara GDP sektor pertanian 16,61%), tetapi sektor pertanian tetap memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia (Bashir *et al.*, 2019). Sektor pertanian dan industri saling berhubungan erat sebagai motor penggerak pertumbuhan ekonomi

melalui penyediaan bahan baku, bahan makanan, atau sebagai input bagi sector lainnya (Lecocq and Shalizi, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui inovasi berbasis IoT pada sektor pertanian melalui analisis metadata berbagai publikasi ilmiah. Pertanyaan perlunya penelitian adalah apakah inovasi berbasis IoT pada sektor pertanian yang telah diimplementasikan atau diteliti secara global?

Pendekatan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan tersebut adalah scientometrics. Scientometrics digunakan untuk menganalisis literatur ilmiah yang reliabel secara kuantitatif agar dapat memahami perkembangan disiplin ilmu (Vezyridis and Timmons, 2016). Penelitian terdahulu mengenai IoT dengan pendekatan scientometrics dilakukan oleh Dachyar *et al.*, (2019) dengan temuan tujuh sektor yang paling terpengaruh oleh IoT, meliputi manufaktur, pertanian, sektor publik, kesehatan, elektronik, energi, dan pertambangan.

Dengan pendekatan ini, metadata publikasi ilmiah yang relevan pada database akademik Scopus dianalisa secara mendetail sehingga dapat memberikan gambaran bagi peneliti, praktisi, dan pengambil kebijakan tentang inovasi IoT yang telah diimplementasikan secara global.

Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi secara akademik maupun praktik. Secara akademik, hasil penelitian diharapkan dapat memberi gambaran bagi peneliti, khususnya peneliti Indonesia, di bidang pertanian, teknologi informasi, ekonomi dan bisnis, maupun bidang lainnya mengenai inovasi IoT pada sektor pertanian.

Bagi praktisi pertanian, hasil penelitian diharapkan dapat menambah wawasan (*insight*) mengenai inovasi berbasis IoT untuk *on-farm* dalam upaya pengambilan keputusan (*decision making*) yang berdampak pada peningkatan kualitas dan kuantitas produksi pertanian, maupun *off-farm* untuk mendukung sistem rantai pasok dari hulu ke hilir. Bagi pengambil kebijakan, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan kebijakan yang kondusif bagi implementasi IoT pada sektor pertanian agar menjadi lebih baik dan kuat.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah metadata publikasi ilmiah yang terindeks pada database akademik Scopus. Publikasi ilmiah tersebut dicari menggunakan kata kunci tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Kata kunci yang digunakan adalah '*internet AND of AND things AND agriculture*' dengan pencarian difokuskan pada judul artikel. Pemilihan Scopus dalam

pencarian publikasi ilmiah agar proses seleksi jurnal, prosiding, dan karya ilmiah lainnya yang dapat terindeks pada database ini relatif ketat. Di sisi lain, cakupannya lebih luas dibandingkan dengan database akademik yang lain seperti Web of Science yang proses seleksinya relatif lebih ketat (Harzing and Alakangas, 2016). Proses pencarian publikasi ilmiah yang relevan dilakukan pada pertengahan Mei 2020. Dari hasil penelusuran ditemukan 142 publikasi ilmiah untuk dianalisis.

Setelah pencarian publikasi ilmiah selesai, metadata seluruh artikel yang ditemukan dipindahkan ke dalam format CSV (*comma-separated values*) untuk diolah lebih lanjut. Proses analisis data dilakukan dengan pendekatan scientometrics. Scientometrics adalah pendekatan dalam memahami perkembangan ilmu melalui pengujian kuantitatif yang reliabel (Vezyridis and Timmons, 2016). Pendekatan scientometrics mengharuskan dilakukannya pencarian publikasi ilmiah yang sistematis tetapi pendekatan proses analisisnya tidak seperti systematic review yang umumnya lebih bersifat kualitatif (Harsanto *et al.*, 2020a; Permana dan Harsanto, 2020).

Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MS Excel dan VOSviewer. Dibandingkan dengan perangkat lunak lainnya, VOSviewer memiliki keunggulan visualisasi jejaring *bibliometric* literatur ilmiah dan penggunaannya tidak berbayar (van Eck and Waltman, 2010). Hal ini lazim dipakai dalam penelitian sejenis (Harsanto, 2020; Kaur and Sood, 2019).

MS Excel berguna untuk mengelaborasi karakteristik publikasi seperti tipe karya ilmiah, tipe dokumen, tipe akses, tahun publikasi, bahasa publikasi, bidang keilmuan, afiliasi peneliti, negara asal afiliasi peneliti, dan tingkat kutipan dari berbagai karya ilmiah yang dianalisis.

Elaborasi berperan penting karena publikasi yang terindeks dalam database akademik berasal dari tipe karya ilmiah yang beragam (misalnya jurnal, artikel, prosiding konferensi, buku), berbeda tipe aksesnya (terbuka dan tertutup), berbagai tahun publikasi, bahasa publikasi, dan berasal dari berbagai disiplin ilmu. Dalam metadata dari database akademik Scopus terdapat informasi mengenai afiliasi peneliti, baik universitas maupun lembaga riset atau afiliasi lainnya, di negara mana afiliasi tersebut berlokasi, bahkan juga sponsornya. Dampak dari publikasi dicatat dalam metadata dalam bentuk jumlah sitasi yang dimiliki setiap publikasi hingga pada saat proses pencarian dan metadata diunduh dari database tersebut.

Perangkat lunak VOSviewer mampu mengeksplorasi dan memvisualisasikan data dari berbagai bentuk, baik berupa data jaringan, data bibliografi dari database akademik dari Scopus, Web of Science, Dimensions atau PubMed, dan data tipe lainnya (Harsanto, 2020b; van Eck and Waltman, 2010). Bahasa pemrograman yang dipakai

pada perangkat lunak ini adalah Java, tidak berbayar, dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk penelitian. VOSviewer yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah versi 1.6.14. Aspek utama yang dianalisis adalah co-occurrence dari kata kunci yang digunakan penulis untuk publikasi mereka.

Analisis *co-occurrence* dilakukan pada semua kata kunci yang digunakan pada artikel-artikel yang dianalisis dengan metode perhitungan full-counting, dimana semua kata kunci memiliki bobot yang sama. Jumlah minimum kemunculan dari sebuah kata kunci ditetapkan tiga kali untuk memperoleh kata kunci yang bukan hanya muncul sekali atau dua kali, tetapi setidaknya empat kali. Dari total 1101 kata kunci, 70 diantaranya memenuhi kriteria ini. Setelah itu dilakukan verifikasi kata kunci untuk memastikan kata-kata kunci yang dianalisis dan divisualisasikan relevan dengan tujuan penelitian dan sedapat mungkin menghindari duplikasi. Setelah verifikasi terdapat 62 kata kunci yang memenuhi kriteria untuk dianalisis.

Hasil analisis menghasilkan kluster-kluster kata kunci yang saling berhubungan satu sama lain. Kluster ini tidak bersifat *overlap*, sehingga satu kata kunci hanya akan berada pada satu kluster. Secara kuantitatif, yang dianalisis adalah kata kunci, frekuensi kemunculannya, dan total kekuatan hubungan dengan kata kunci lainnya. Hasil analisis kemudian divisualisasikan dalam bentuk lingkaran (*node*) dan garis (*line*) yang mencerminkan hasil analisis tersebut. Semakin besar kemunculan semakin besar lingkarannya. Semakin kuat hubungan, semakin jelas garis yang terbentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik publikasi ilmiah yang dianalisis dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis data menunjukkan tipe karya ilmiah yang terbanyak mengulas mengenai IoT pada sektor pertanian adalah prosiding konferensi (72 artikel), diikuti oleh jurnal (52 artikel). Artikel hampir seluruhnya menggunakan Bahasa Inggris (137 dari 142 artikel). Tipe akses terhadap artikel sebagian besar tertutup (118 artikel), artinya hanya bisa diakses oleh individual atau organisasi yang berlangganan database akademik Scopus atau melanggan jurnal tertentu. Sebagian lainnya (24 artikel) bisa diakses secara terbuka.

Topik ini dibahas secara multidisiplin dari belasan bidang ilmu yang berbeda. Bidang ilmu diidentifikasi dan diklasifikasi oleh database Scopus. Bidang ilmu yang paling banyak mengulas topik ini adalah ilmu komputer (81 artikel), diikuti oleh bidang teknik (74 artikel), lalu bidang pertanian dan ilmu biologi (17 artikel). Bidang lainnya yang cukup banyak membahas adalah ilmu pengambilan keputusan, matematika, bisnis, manajemen,

dan akuntansi. Hal ini menunjukkan perhatian dan minat terhadap topik datang dari berbagai bidang ilmu, mulai dari ilmu sains, ilmu sosial, hingga ilmu kedokteran.

Publikasi mengenai IoT pada sektor pertanian ditulis oleh peneliti yang berasal dari lebih 40 negara berbeda. Penulis terbanyak berasal dari India (52 artikel), diikuti oleh China (40 artikel) dan Amerika Serikat (7 artikel). Artinya, topik ini mendapat perhatian dari berbagai

belahan dunia dengan kondisi geografis yang berbeda (iklim, kondisi tanah, mineral, ketinggian, dan lainnya) dengan kondisi sosial ekonomi dan teknologi yang berbeda pula. Dari data ini terlihat kontribusi Indonesia masih terbatas, hanya tiga karya ilmiah atau sekitar 2% dari total artikel yang dianalisis.

Merujuk pada data penggunaan tanah, irigasi, dan praktik pertanian dalam periode 1961-2017 (FAO, 2019),

Tabel 1. Karakteristik publikasi IoT sektor pertanian

Karakteristik	Jumlah
Tipe karya ilmiah	
Prosiding konferensi	72
Artikel jurnal	52
Review	7
Chapter dalam buku	5
Buku	1
Bahasa	
Bahasa Inggris	137
Bahasa Mandarin	4
Bahasa Jerman	1
Tipe akses	
Tertutup	118
Terbuka	24
Bidang ilmu	
Ilmu komputer	81
Teknik	74
Pertanian dan ilmu biologi	17
Ilmu pengambilan keputusan	15
Matematika	15
Bisnis, manajemen dan akuntansi	11
≤ 10 artikel: Fisika dan astronomi (9); Ilmu lingkungan (8); Ilmu sosial (8); Ilmu Material (7); Kimia (6); Biokimia, genetik dan biologi molekuler (5); Teknik kimia (5); Energy (3); Kedokteran (3); Farmakologi, Toksikologi dan Farmasi (3); Ekonomi, ekonometrik dan keuangan (1); peternakan (1).	59
Negara	
India	52
China	40
AS	7
Malaysia	6
Spanyol	4
≤ 3 artikel: Brazil (3); Indonesia (3); Italia (3); Arab Saudi (3); Taiwan (3); Australia (2); Kolombia (2); Ethiopia (2); Perancis (2); Pakistan (2); UEA (2); Inggris (2); Zambia (2); Austria (1); Bosnia & Herzegovina (1); Cyprus (1); Ceko (1); Ekuador (1); Greece (1); Hong Kong (1); Iran (1); Irak (1); Irlandia (1); Yordania (1); Libanon (1); Moldova (1); Belanda (1); Nigeria (1); Polandia (1); Portugal (1); Singapura (1); Afrika Selatan (1), Korea Selatan (1), Thailand (1), Turki (1), Vietnam (1)	54

N = 142, data diolah

diketahui India, China, dan Amerika Serikat memiliki lahan pertanian dan atau lahan perkebunan terbesar di dunia.

Di Indonesia, sektor pertanian berkontribusi cukup besar terhadap perekonomian. Oleh karena itu, kontribusi penelitian mengenai IoT pada sektor pertanian perlu ditingkatkan.

Perhatian dunia terhadap pertanian berkaitan dengan upaya pemenuhan kebutuhan pangan penduduk yang terus bertambah dari waktu ke waktu. Sektor pertanian juga berperan penting dalam menyediakan bahan baku industri manufaktur dan industri lainnya. Selain itu, sektor pertanian juga berkontribusi besar dalam menyerap tenaga kerja, menggerakkan perekonomian dan perdagangan internasional.

Publikasi dengan sitasi tertinggi dapat dilihat pada Tabel 2. Publikasi dengan sitasi paling tinggi adalah

karya ilmiah dari Tzounis *et al.*, (2017) yang berisi review teknologi terkini IoT untuk sektor pertanian beserta tantangan dan potensi pengembangannya di masa depan. Review ini dimuat pada jurnal *Biosystems Engineering*. Publikasi dengan sitasi tertinggi kedua adalah dari Elijah *et al.* (2018a) yang membahas IoT beriringan dengan data analytics (DA). Kedua publikasi ini memiliki sitasi lebih dari 100. Ray (2017) adalah publikasi ketiga tertinggi yang dikutip di Scopus. Ketiga publikasi dengan sitasi tertinggi ini diterbitkan pada tahun 2017 dan 2018. Untuk prosiding konferensi, artikel tertinggi yang dikutip ditulis oleh Dlodlo dan Kalezhi (2015).

Perhatian dunia terhadap pertanian berkaitan dengan upaya pemenuhan kebutuhan pangan penduduk yang terus bertambah dari waktu ke waktu. Sektor pertanian juga berperan penting dalam menyediakan bahan baku industri manufaktur dan industri lainnya.

Tabel 2. Publikasi dengan sitasi tertinggi

No	Penulis	Tahun	Tipe dokumen	Nama jurnal, prosiding, buku	Sitasi pada Scopus
1	Tzounis <i>et al.</i> (2017)	2017	Review	Biosystems Engineering	104
2	Elijah, Rahman, Orikumhi, Leow, and Hindia (2018)	2018	Artikel	IEEE Internet of Things Journal	100
3	Ray (2017)	2017	Artikel	Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments	69
4	Dlodlo & Kalezhi (2015)	2015	Makalah konferensi	Proceedings of 2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications, ETNCC 2015	59
5	Ferrández-Pastor, García-Chamizo, Nieto-Hidalgo, Mora-Pascual, & Mora-Martínez (2016)	2016	Artikel	Sensors (Switzerland)	53
6	Ma, Zhou, Li, & Li (2011)	2011	Makalah konferensi	Proceedings - 2011 IEEE International Conferences on Internet of Things and Cyber, Physical and Social Computing, iThings/CP-SCom 2011	49
7	He, Nie, & Liu (2013)	2013	Artikel	Nongye Jixie Xuebao/ Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery	48
8	Vuran, Salam, Wong, and Irmak (2018)	2018	Artikel	Ad Hoc Networks	47
9	Khanna and Kaur (2019)	2019	Review	Computers and Electronics in Agriculture	43
10	Bo and Wang (2011)	2011	Makalah konferensi	Proceedings - 2011 International Joint Conference on Service Sciences, IJCSS 2011	39

Selain itu, sektor pertanian juga berkontribusi besar dalam menyerap tenaga kerja, menggerakkan perekonomian dan perdagangan internasional.

Publikasi dengan sitasi tertinggi dapat dilihat pada Tabel 2. Publikasi dengan sitasi paling tinggi adalah karya ilmiah dari Tzounis *et al.*, (2017) yang berisi review teknologi terkini IoT untuk sektor pertanian beserta tantangan dan potensi pengembangannya di masa depan. Review ini dimuat pada jurnal Biosystems Engineering. Publikasi dengan sitasi tertinggi kedua adalah dari Elijah *et al.* (2018a) yang membahas IoT beriringan dengan data analytics (DA). Kedua publikasi ini memiliki sitasi lebih dari 100. Ray (2017) adalah publikasi ketiga tertinggi yang dikutip di Scopus. Ketiga publikasi dengan sitasi tertinggi ini diterbitkan pada tahun 2017 dan 2018. Untuk prosiding konferensi, artikel tertinggi yang dikutip ditulis oleh Dlodlo dan Kalezhi (2015).

Publikasi dengan sitasi tertinggi ini mengulas IoT pada sektor pertanian dengan berbagai tema, mulai dari teknologi IoT (Dlodlo and Kalezhi, 2015; Ray, 2017; Vuran *et al.*, 2018), data analytics (Elijah *et al.*, 2018b), sensor network (Ferrández-Pastor *et al.*, 2016; He *et al.*, 2013; Ma *et al.*, 2011), cloud computing (Bo and Wang, 2011), serta benefit dan tantangan penerapan IoT (Elijah *et al.*, 2018b; Ray, 2017; Tzounis *et al.*, 2017).

Terdapat 446 peneliti yang mempublikasikan karya tulis ilmiah dengan topik IoT pada sektor pertanian. Penulis dengan dokumen terbanyak adalah Salam A (Department of Computer and Information Technology, Purdue University, United States) dengan empat dokumen; Wang H (School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing, China) dengan tiga dokumen dan Mora-Martinez (Department

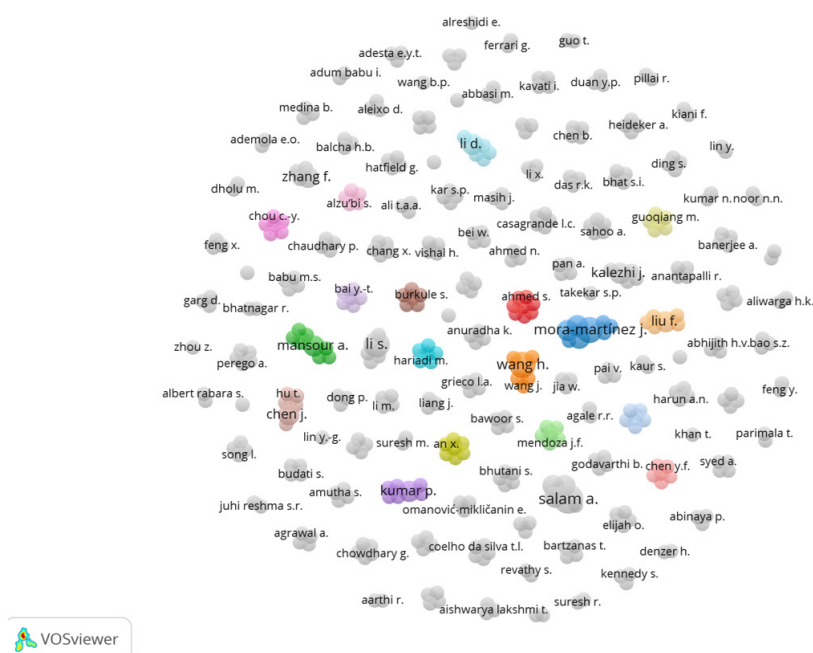
of Computer Technology, University of Alicante, Spain) dengan tiga dokumen. Analisis terhadap penulis karya ilmiah pada topik ini disajikan pada Gambar 1.

Hasil analisis menunjukkan belum terbentuk jejaring yang kuat antara berbagai penulis. Hal ini diindikasikan oleh hasil visualisasi VosViewer yang belum memperlihatkan keterhubungan antara peneliti dengan peneliti lainnya. Peneliti dengan total jaringan terkuat (*total link strength tertinggi*) adalah Wang H, Mora-Martinez dan Salam A. Ketiga peneliti ini juga memiliki dokumen terbanyak.

Analisis terhadap kata-kata kunci publikasi menunjukkan 1.101 kata kunci yang digunakan oleh para peneliti pada topik ini. Analisis kata-kata kunci ini berguna untuk memahami perkembangan topik riset pada bidang ini. Dengan menganalisis kata kunci dengan frekuensi minimal empat kali kemunculan terdapat 62 kata kunci yang berbeda. Kata-kata kunci dengan kemunculan tertinggi ini kemudian dianalisis keterhubungannya.

Hasil analisis frekuensi kemunculan (*co-occurrence analysis*) dan total kekuatan keterhubungan (*total link strength*) antarkata kunci dapat dilihat pada Tabel 3.

Tingkat kekuatan keterhubungan mengindikasikan kekuatan hubungan kata kunci tertentu dengan kata kunci lainnya. Mengingat analisis berfokus pada IoT sektor pertanian tidak mengherankan dua kata kunci dengan kekuatan tertinggi adalah IoT dan *agriculture*. Kata-kata kunci yang digunakan oleh para peneliti di bidang ini berhubungan antara satu dengan lainnya. Analisis lebih lanjut terhadap frekuensi dan kekuatan keterhubungan kata-kata kunci ini menghasilkan lima klaster (Tabel 4).



Gambar 1. Visualisasi jejaring peneliti IoT pada sektor pertanian

Tabel 3. Kata kunci dengan kekuatan keterhubungan tertinggi

No	Kata kunci	Frekuensi	Total kekuatan keter- hubungan
1	Internet of things (IoT)	112	575
2	Agriculture	60	327
3	Smart agriculture	23	159
4	Precision agriculture	29	149
5	Sensors	24	139
6	Wireless sensor networks	18	135
7	Automation	14	96
8	Cloud computing	12	86
9	Crops	14	81
10	Soil moisture	11	76
11	Radio frequency identification (RFID)	9	73
12	Cultivation	10	61
13	Sensor nodes	9	61
14	Agricultural products	9	60
15	Smart farming	9	54

Tabel 4. Kluster kata-kata kunci

Kluster	Kata-kata kunci
1	Artificial intelligence, big data, climate change, <u>cloud computing</u> , cost effectiveness, data visualization, decision making, digital storage, distributed computer system, fog computing, human, image processing, <u>internet of things</u> , irrigation, irrigation systems, machine learning, monitoring, productivity, <u>smart agricultures</u> , <u>smart farming</u> , <u>soil moisture</u> , wifi.
2	<u>agricultural products</u> , <u>automation</u> , control, food supply, information management, information science, information services, information technology, intelligent control, internet of things technology, key technologies, modern agricultures, <u>radio frequency identifier (RFID)</u> , supply chain management, supply chains, sustainable agriculture, wireless sensor, wireless telecommunication.
3	<u>agriculture</u> , agriculture applications, agriculture sectors, facility agricultures, network architecture, <u>sensors</u> , <u>wireless sensor networks</u> , WSN, zigbee
4	agricultural productions, agricultural robots, data acquisition, environmental parameter, environmental technology, quality control, <u>sensor nodes</u> , wireless sensor network.
5	<u>crops</u> , <u>cultivation</u> , <u>precision agriculture</u> , sensor networks.

Catatan: Kata yang diberi garis bawah adalah kata kunci pada kluster tertentu dengan kemunculan tinggi

Bila divisualisasikan dengan gambar jaringan, hasil analisis berupa kluster-kluster ini dapat dilihat pada Gambar 2. Kluster pertama berwarna merah, kluster kedua berwarna hijau, kluster ketiga berwarna biru, kluster keempat berwarna kuning, dan kluster kelima berwarna ungu.

Perangkat lunak VosViewer memberikan hasil gambar jaringan ini berdasarkan kata-kata kunci yang terekam di metadata Scopus. Formula yang digunakan adalah *full counting* dimana setiap kata kunci memiliki bobot yang sama dalam proses perhitungan.

Kluster pertama terdiri dari lebih 20 kata kunci dan yang berkekuatan keterhubungan tinggi meliputi *smart agricultures*, *internet of things (IoT)*, *smart farming*, *cloud computing*, dan *soil moisture*. Konsep-konsep lain yang tercakup pada kluster pertama ini berhubungan dengan data (big data, data visualization), komputer (*distributed computer system*, *fog computing*) serta aspek lingkungan dan sosial ekonomi dari IoT (*climate change*, *human*, *productivity*).

Smart agriculture atau *smart farming* adalah konsep yang berasosiasi tinggi dengan IoT. Smart farming adalah

tercermin dalam kata-kata kunci yang dianalisis dapat bersifat lintas klaster. Sebagai contoh, kata kunci yang hampir muncul pada semua klaster adalah berhubungan dengan sensor (ditemukan pada klaster 2, 3, 4 dan 5) meskipun paling menonjol pada klaster 3 dan 4.

Sensor berperan penting terutama dalam *smart sensing and monitoring* (Wolfert *et al.*, 2017). Tiga elemen penting dalam siklus smart farming adalah *smart sensing and monitoring*, *smart analysis and planning*, dan *smart control* (Wolfert *et al.*, 2014). Pada smart sensing and monitoring, sensor berperan dalam pengukuran indikator dan performa aktual dari proses pertanian secara terotomatisasi. Teknologi ini digunakan untuk monitoring suhu, kelembaban, kadar CO₂, dan indikator lainnya yang terbukti dapat menghemat tenaga kerja dan meningkatkan konsistensi kualitas produksi (Sun *et al.*, 2013; Wolfert *et al.*, 2017).

Klaster keempat terdiri atas delapan kata kunci dengan kata kunci utama *sensor nodes*. Klaster ini berhubungan erat dengan klaster ketiga. *Sensor nodes* adalah perangkat kecil yang merupakan bagian dari Wireless Sensor Networks (WSN) untuk mendapatkan berbagai data penting, seperti tingkat kelembaban tanah, kualitas air tanah, kandungan zat kimia tertentu dalam tanah, suhu dan lainnya (Ludeña-Choez *et al.*, 2019). Perangkat ini mendapat perhatian penting karena jika ada kesalahan, kerusakan, atau error berdampak pada kekeliruan pengukuran yang pada akhirnya membuat pengambilan keputusan tidak akurat (Ludeña-Choez *et al.*, 2019).

Konsep lain yang pada klaster keempat adalah lingkungan (*environmental parameter*, *environmental technology*) dan *agricultural robots*. *Agricultural robots* digagas sebagai alternatif jalan keluar usia petani yang semakin menua, minimnya minat generasi muda pada pertanian, dan berkurangnya tenaga kerja imigran pada sektor pertanian di negara maju. Proses berpikir dari robot ini antara lain digunakan oleh perusahaan Blue River Technology melalui penggabungan kamera, penglihatan komputer (*computer vision*), dan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) (Faulkner and Cebul, 2014). Meski robot dapat berperan dalam *smart farming*, peran manusia tidak akan tergantikan dalam prosesnya secara keseluruhan, terutama dalam proses yang memerlukan kemampuan berpikir tinggi seperti analisis dan perencanaan (Wolfert *et al.*, 2017).

Klaster kelima terdiri atas empat kata kunci dan yang memiliki tingkat keterhubungan tertinggi adalah *precision agriculture* (PA). PA adalah penggunaan seperangkat teknologi untuk mengoptimasi produksi pertanian dengan memperhitungkan variabilitas dan ketidakpastian dalam sistem pertanian (Gebbers and Adamchuk, 2010; McBratney *et al.*, 2005). Teknik PA yang terbanyak diadopsi adalah pemantauan hasil panen (*crop yield monitoring*) (Vuran *et al.*, 2018).

Tujuan dari PA meliputi optimasi penggunaan sumber daya yang tersedia untuk meningkatkan keuntungan dan keberlanjutan pertanian serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Gebbers and Adamchuk, 2010). Hal yang perlu diketahui adalah PA mempertimbangkan variabilitas dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, cakupannya tidak seluas *smart farming* yang mempertimbangkan data, konteks, situasi, dan peristiwa *real time* di lapangan (Wolfert *et al.*, 2017).

Klasterisasi ini dapat membantu peneliti, praktisi, dan pengambil kebijakan, khususnya di Indonesia, dalam menentukan areal yang terbuka untuk pengembangan IoT pada sektor pertanian. Sebagaimana dikemukakan oleh Dachyar *et al.* (2019), sektor pertanian adalah salah satu dari tujuh sektor yang terdampak besar oleh IoT. Meski demikian, hasil penelitian ini menunjukkan penerapan dan penelitian tentang IoT pada sektor pertanian di Indonesia perlu ditingkatkan.

Bagi pengajar dan peneliti di sektor pertanian, hasil penelitian ini juga bisa menjadi pendorong untuk melakukan inovasi pembelajaran yang dapat mengakselerasi pemahaman dan penerapan mengenai IoT dalam sektor pertanian Indonesia (Harsanto, 2014). Bagi petani, penggunaan IoT pada sektor pertanian memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya sekaligus mengoptimasi waktu. Di sisi lain, penerapan IoT pada sektor pertanian juga dapat meningkatkan perekonomian secara makro (Dachyar *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui inovasi berbasis IoT pada sektor pertanian. Hasil analisis menunjukkan terdapat lima klaster utama inovasi berbasis IoT. Klaster pertama adalah konsep *smart agriculture*, *cloud computing* dan *soil moisture*. Klaster kedua meliputi konsep *automation*, RFID, dan *agricultural products*. Klaster ketiga antara lain konsep *sensors* dan *wireless sensor networks*. Klaster keempat mencakup konsep *sensor nodes*. Klaster kelima antara lain konsep *crops*, *cultivation*, dan *precision agriculture*.

Penelitian ini memiliki keterbatasan-keterbatasan yang menjadi ruang untuk penelitian lebih lanjut. Publikasi ilmiah yang dianalisis pada penelitian ini terbatas pada database akademik Scopus, sehingga publikasi yang relevan yang tidak terindeks pada database tersebut tidak dianalisis. Penelitian lebih lanjut dapat menggabungkan dengan data dari database akademik yang lain seperti Web of Science, atau database lainnya.

Pendekatan penelitian ini fokus pada aspek kuantitatif dalam metadata publikasi. Penelitian lebih lanjut dapat memperdalam aspek kualitatif melalui pendekatan seperti

systematic review yang digabungkan dengan analisis konten (*content analysis*) atau analisis tematik (*thematic analysis*). Dengan memahami aspek kuantitatif dan kualitatif mengenai IoT diharapkan sektor pertanian semakin baik dan kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dua *anonymous reviewers* yang telah memberikan kritik dan saran konstruktif untuk perbaikan artikel ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada ketua dewan editor dan tim editorial yang telah memberikan masukan berharga dalam penyempurnaan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., De, D., and Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for smart precision agriculture and farming in rural areas. *IEEE Internet of Things Journal* 5(6), 4890-4899.
- Antony, A.P., Leith, K., Jolley, C., Lu, J., and Sweeney, D.J. (2020). A Review of Practice and Implementation of Internet of Things (IoT) for Smallholder Agriculture. *Sustainability*, pp.1-19.
- Ashton, K. (2010). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, 4986. <https://doi.org/10.1038/nature03475>.
- Bashir, A., Suhel, S., Azwardi, A., Atiyatna, D. P., Hamidi, I., and Adnan, N. (2019). The Causality Between Agriculture, Industry, and Economic Growth: Evidence from Indonesia. *Etikonomi* 18(2), 155-168. <https://doi.org/10.15408/etk.v18i2.9428>
- Bo, Y. and Wang, H. (2011). The application of cloud computing and the internet of things in agriculture and forestry. *Proceedings - 2011 International Joint Conference on Service Sciences*. p.168-172. <https://doi.org/10.1109/IJCSS.2011.40>
- Dachyar, M., Zagloel, T.Y.M., and Saragih, L.R. (2019). Knowledge growth and development: internet of things (IoT) research, 2006-2018. *Heliyon* 5(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02264>
- Dlodlo, N. and Kalezhi, J. (2015). The internet of things in agriculture for sustainable rural development. *Proceedings of 2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications*, p.13-18. <https://doi.org/10.1109/ETNCC.2015.7184801>
- Elijah, O., Rahman, T.A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., and Hindia, M.N. (2018a). An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal* 5(5), 3758-3773. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- Elijah, O., Rahman, T.A., Orikumhi, I., Leow, C.Y., and Hindia, M.N. (2018b). An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal* 5(5), 3758-3773. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- FAO. (2019). *Land Use, Irrigation and Agricultural Practices: 1961-2017*. <http://www.fao.org/economic/ess/environment/data/land-use/en/>
- Faulkner, A., and Cebul, K. (2014). Agriculture Gets Smart : The Rise of Data and Robotics. *Cleantech Group*, April, p.1-6.
- Ferrández-Pastor, F.J., García-Chamizo, J.M., Nieto-Hidalgo, M., Mora-Pascual, J., and Mora-Martínez, J. (2016). Developing ubiquitous sensor network platform using internet of things: Application in precision agriculture. *Sensors (Switzerland)* 16(7). <https://doi.org/10.3390/s16071141>
- Gebbers, R., and Adamchuk, V.I. (2010). Precision agriculture and food security. In *Science* (Vol. 327, Issue 5967, pp. 828-831). <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Gumbira, G., and Harsanto, B. (2019). Decision Support System for An Eco-Friendly Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 9(4), 1177-1182.
- Harsanto, B. (2013). *Dasar Ilmu Manajemen operasi*. Unpad Press.
- Harsanto, B. (2014). *Inovasi Pembelajaran di Era Digital*. Bandung.
- Harsanto, B. (2020a). Eco-Innovation Research in Indonesia: A Systematic Review and Future Directions. *Journal of STI Policy and Management* 5(2), 179-191.
- Harsanto, B. (2020b). The First-Three-Month Review of Research on Covid-19: A Scientometrics Analysis. *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*.
- Harsanto, B., Kumar, N., Zhan, Y., and Michaelides, R. (2020a). Responsible Research and Innovation (RRI) in Emerging Economies: a Preliminary Review. *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*.
- Harsanto, B., Kumar, N., Zhan, Y., and Michaelides, R. (2020b). Exploring Sustainability-Oriented Innovation Capabilities in the Indonesian Manufacturing Firms. *Academy of Management Proc.* 2020(1). <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2020.14242abstract>
- Harsanto, B., Michaelides, R., and Drummond, H. (2018). Sustainability-oriented Innovation (SOI) in Emerging Economies: A Preliminary Investigation from Indonesia. 2018 *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp.1553-1557. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607473>

- Harsanto, B. and Permana, C.T. (2020). Sustainability-oriented innovation (SOI) in the cultural village: an actor-network perspective in the case of Laweyan Batik Village. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-08-2019-0102>
- Harzing, A. and Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: A longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics* 106(2), 787-804.
- He, Y., Nie, P., and Liu, F. (2013). Advancement and trend of internet of things in agriculture and sensing instrument. *Nongye Jixie Xuebao: Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 44(10), 216-226.
- Kaur, A., and Sood, S.K. (2019). Ten years of disaster management and use of ICT: a scientometric analysis. *Earth Science Informatics*, Anderson 1994. <https://doi.org/10.1007/s12145-019-00408-w>
- Kenessey, Z. (1987). The Primary, Secondary, Tertiary and Quaternary Sectors of the Economy. *Review of Income and Wealth*, 33(4), 359-385. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.1987.tb00680.x>
- Khanna, A., and Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 157(January), 218-231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Lecocq, F., and Shalizi, Z. (2007). *How might climate change affect economic growth in developing countries? A review of the growth literature with a climate lens*. The World Bank.
- Lee, J., and Prowse, K. (2014). *MaRS Market Insights Mining & Metals + Internet of Things: Industry opportunities and innovation*.
- Lipper, L., and Zilberman, D. (2018). A short history of the evolution of the climate smart agriculture approach and its Links to climate change and sustainable agriculture debates. In *Climate Smart Agriculture*. pp. 13-30). Springer, Cham.
- Ludeña-Choez, J., Choquehuanca-Zevallos, J.J., and Mayhua-López, E. (2019). Sensor nodes fault detection for agricultural wireless sensor networks based on NMF. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161(June 2018), 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.033>
- Ma, J., Zhou, X., Li, S., and Li, Z. (2011). Connecting agriculture to the internet of things through sensor networks. *Proceedings - 2011 IEEE International Conferences on Internet of Things and Cyber, Physical and Social Computing, IThings/CPSCOM*. pp.184-187. <https://doi.org/10.1109/iThings/CPSCOM.2011.32>
- McBratney, A., Whelan, B., and Ancev, T. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture* 6, 7-23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73764-5_52
- McKinsey Global Institute. (2015). The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype. In *McKinsey and Company* (Issue June). www.mckinsey.com/mgi.
- Meola, A. (2020). *Smart Farming in 2020: IoT Sensors and Precision Agriculture - Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/smart-farming-iot-agriculture?r=US&IR=T>
- Permana, C.T. and Harsanto, B. (2020). Sustainable City Planning Concepts and Practices in Emerging Economies: A Systematic Review. *The Journal of Indonesia Sustainable Development Planning* I(1), 67-82.
- Pillai, R. and Sivathanu, B. (2020). Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the BRT framework. *Benchmarking* 27(4), 1341-1368. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2019-0361>
- Ray, P.P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9(4), 395-420. <https://doi.org/10.3233/AIS-170440>
- Riska, P. T. and Widiarini, F. (2005). Zigbee: Komunikasi Wireless Berdaya Rendah. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (Snati)*. pp.65-69.
- Ruiz-Garcia, L. and Lunadei, L. (2011). The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture* 79(1), 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.08.010>
- Sun, J., Zhou, Z., Bu, Y., Zhuo, J., Chen, Y., and Li, D. (2013). Research and development for potted flowers automated grading system based on internet of things. *Journal of Shenyang Agricultural University* 44(5), 687-691.
- Sundmaeker, H., Verdouw, C., Wolfert, S., and Freire, L.P. (2016). Internet of food and farm 2020. *Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds*. pp. 129-151.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., and Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances, and future challenges. *Biosystems Engineering* 164, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>
- van Eck, N.J. and Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- van Eck, N.J., and Waltman, L. (2013). VOSviewer manual. In *Leiden: Univeriteit Leiden (Issue January)*. http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf

- Vezyridis, P. and Timmons, S. (2016). Evolution of primary care databases in UK: A scientometric analysis of research output. *BMJ Open*, 6(10). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012785>
- Vuran, M. C., Salam, A., Wong, R., and Irmak, S. (2018). Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects. *Ad Hoc Networks* 81, 160-173. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.07.017>.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., and Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming: A review. *Agric. Systems* 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>
- Wolfert, S., Goense, D., and Sorensen, C.A.G. (2014). A future internet collaboration platform for safe and healthy food from farm to fork. *Annual SRII Global Conference*. pp.266-273. <https://doi.org/10.1109/SRII.2014.47>
- Yadav, A. N., Mishra, S., Kour, D., Yadav, N., and Kumar, A. (2020). *Agriculturally important fungi for sustainable agriculture*.