

Sejarah, Perkembangan dan Revolusi Pertanian dalam Tamadun Islam serta Kaitannya dengan Zaman Moden
(History, Development and Revolution of Agriculture in Islamic Civilization and Their Relevance to Modern Times)

Raihan Ismil,* Madiha Baharuddin** & Siti Solehah Mohd Lutfi***

Abstrak

Tamadun Islam menyaksikan revolusi pertanian luar biasa yang memainkan peranan penting dalam membentuk landskap sosio-ekonomi. Abstrak ini bertujuan untuk memberikan gambaran keseluruhan revolusi ini, meneroka pemacu utama, impak, dan perubahan yang berlaku. Penyelidikan ini dilaksanakan dengan menggunakan kaedah kualitatif. Kaedah ini melibatkan kajian perpustakaan iaitu tinjauan literatur yang menyeluruh tentang revolusi pertanian dalam tamadun Islam dan kaitannya dengan zaman moden. Revolusi pertanian dalam tamadun Islam muncul pada Zaman Kegemilangan Islam (abad ke-8 hingga ke-14), dicirikan oleh kemajuan dalam pelbagai bidang pengetahuan, termasuk pertanian. Salah satu faktor utama di sebalik revolusi pertanian ini ialah perkembangan dan penyebaran sistem penanaman baru. Sistem ini bukan sahaja meningkatkan produktiviti pertanian tetapi juga memudahkan pengembangan kawasan yang ditanam di kawasan gersang dan separa gersang. Amalan pertanian Islam juga melahirkan para ilmuwan Islam seperti Ibn al-Awwam yang banyak mengkaji tumbuh-tumbuhan, kesuburan tanah, dan agronomi, yang membawa kepada pengenalan varieti tanaman baru dan teknik penanaman yang lebih baik. Penemuan saintifik dan eksperimen mereka meletakkan asas untuk sains pertanian moden. Di samping itu, perkaitan revolusi pertanian dalam tamadun Islam dengan pertanian moden terletak pada tekniknya yang mampan dan cekap. Penekanan kepada pengurusan pengairan, pemuliharaan tanaman, dan penggunaan teknologi sejajar dengan pendekatan seperti pertanian ketepatan, pertanian pemuliharaan, dan kaedah pertanian lestari. Kesimpulannya, revolusi pertanian dalam tamadun Islam mempunyai kaitan yang besar dengan pertanian moden. Dengan menjadikan revolusi pertanian Islam sebagai rujukan, kita boleh berusaha untuk meningkatkan pengurusan dalam penanaman, inovasi teknologi dan meningkatkan hasil pengeluaran dalam usaha kita untuk mewujudkan sistem pertanian yang berdaya tahan dan produktif untuk masa depan.

Kata kunci: Revolusi pertanian, tamadun Islam, zaman moden, sumbangan, perubahan

Abstract

Islamic civilization witnessed an extraordinary agricultural revolution that played an important role in shaping the socio-economic landscape. The aim of this abstract is to provide an overview of this revolution, exploring the main drivers, impacts, and changes that occurred. This research was carried out using qualitative method. This method involves a library study which is a comprehensive literature review about the agricultural revolution in Islamic civilization and its connection with modern times. The agricultural revolution in Islamic civilization emerged during the Islamic Golden Age (8th to 14th centuries), characterized by advances in various fields of knowledge, including agriculture. One of the main factors behind this agricultural revolution was the development and spread of new cultivation systems. This system not only increases agricultural productivity but also facilitates the expansion of cultivated areas in arid and semi-arid areas. Islamic agricultural practices also produced Islamic scientists such as Ibn al-Awwam who studied plants, soil fertility, and agronomy, which led to the introduction of new plant varieties and better planting techniques. Their scientific discoveries and experiments laid the foundation for modern agricultural science. In addition, the connection of the agricultural revolution in Islamic civilization with modern agriculture lies in its sustainable and efficient techniques. Emphasis on irrigation management, crop conservation, and the use of technology in line with approaches such as precision agriculture, conservation agriculture, and sustainable farming methods. In conclusion, the agricultural revolution in Islamic civilization has a great

* Raihan Ismil, Senior Lecturer, Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, Malaysia. Email: raihan.i@um.edu.my.

** Madiha Baharuddin (corresponding author), Senior Lecturer, Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, Malaysia. Email: madiha@um.edu.my.

*** Siti Solehah Mohd Lutfi, Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, Malaysia. Email: solehahlutfi24@gmail.com.

connection with modern agriculture. By taking the lessons of the Islamic agricultural revolution, we can strive to improve management in cultivation, technological innovation, and increase production in our efforts to create a resilient and productive agricultural system for the future.

Keywords: Agricultural revolution, Islamic civilization, modern age, contribution, change

Pengenalan

Pengertian Pertanian

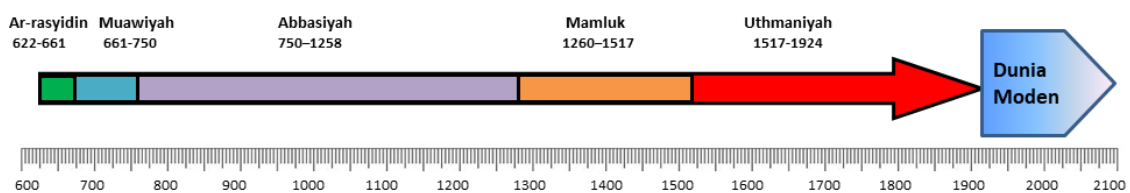
Dalam Bahasa Latin, perkataan ‘pertanian’ terdiri daripada *Ager* dan *Cultura*. *Ager* bermaksud tanah manakala *Cultura* bermaksud penanaman (*cultivation*).¹ Dalam Bahasa Arab, pertanian dikenali sebagai *al-filahah* dan *az-zara'ah* di mana *al-filahah* mempunyai maksud dan konsep pertanian yang lebih meluas manakala *az-zara'ah* pula bermaksud proses bercucuk tanam.² Dalam Bahasa Melayu, pertanian merupakan aktiviti atau proses yang melibatkan penanaman dan penjagaan tumbuh-tumbuhan serta ternakan supaya dapat menghasilkan makanan dan bahan mentah daripada hasil tanaman tersebut.

Dalam sains pertanian, terdapat beberapa jenis bidang yang terlibat dalam penyelidikan yang berkaitan kegiatan pertanian. Ini termasuk plantologi, geografi, ekologi, agroekosistem, garoklimatologi, zoologi, dan lain-lain. Manakala dalam sains sosial, pertanian merangkumi ekonomi petani, antropologi, sistem keluarga, dan beberapa sistem sosial yang lain. Maka, Johan Iskandar telah menerangkan bahawa metodologi penyelidikan berkenaan pertanian dapat diwujudkan dengan menggabungkan dimensi sains dan sosial melalui pendekatan ekologi manusia, sistem pertanian, dan agroekosistem.³ Sitti Arwati pula menyatakan bahawa pertanian merupakan sebuah bidang yang menyentuh beberapa aspek penting dalam peradaban manusia seperti sosial, budaya dan perniagaan.⁴ Berdasarkan beberapa definisi di atas, pertanian boleh ditakrifkan sebagai proses produksi yang berlaku di atas tanah yang bertujuan untuk menghasilkan tanaman bagi memenuhi keperluan hidup manusia.

Perkembangan Peradaban Islam

Empayar Islam telah berkembang dengan pesat di seluruh Timur Tengah, Afrika Utara, dan Asia Tengah. Ia juga merebak ke bahagian-bahagian Eropah, Afrika dan Asia Tenggara. Terdapat 5 empayar utama Islam semenjak pemerintahan nabi Muhammad SAW pada 622 M sehingga empayar Islam terakhir diruntuhkan pada 1924 M yang menyebabkan negara-negara Islam berpecah membentuk dunia moden dengan pentadbiran masing-masing (Rajah 1).

Rajah 1: Garis Masa Empayar Utama Islam



Tamadun Islam yang bermula dari zaman rasulullah SAW dan para sahabat telah menempuh masa yang panjang dengan pemerintahan para khalifah dan sultan yang berbeza. Sepanjang tamadun ini, terdapat satu zaman kegemilangan yang disebut sebagai zaman keemasan (*The Golden Age*) iaitu dalam empayar pemerintahan Abbasiyah pada abad ke 8 sehingga ke 14. Pada zaman ini, tamadun Islam telah mencapai puncak kejayaan dari segi kekuasaan, peradaban, dan ekonomi. Semasa pemerintahan Al-Mahdi, ekonomi kerajaan itu mula berkembang dengan kemajuan sektor pertanian melalui irigasi dan peningkatan hasil.⁵ Terdapat banyak ilmuan Islam yang dilahirkan pada zaman ini termasuk dalam bidang pertanian seperti Al-Dinawari, Ibn al-Rumiyyah dan Ibn al-Awwam.

¹ B. Chandrasekaran, K. Annadurai dan E. Somasundaram (2010), *A Textbook of Agronomy*, New Delhi: New Age International (P) Limited, p. 835.

² Ibn Mandzur (1997), *Lisān al-Arab* (Juz 2 cetakan ke-3), Beirut: Dar Sadir, 1414 H.

³ Johan Iskandar (2006), "Metodologi Memahami Petani dan Pertanian," *Jurnal Analisis Sosial*, Jil. 11, h. 171-211.

⁴ Sitti Arwati (2018), *Pengantar Ilmu Pertanian Berkelanjutan*, Makassar: Penerbit Inti Mediatama, h. 126.

⁵ Nurdin I. Muhammad, Yetty Yetty and Abi Suar (2024), "Islamic economic concepts in the Umayyah, Abassiyah, and Ottoman empire based on historical approaches," *AICOS: Asian Journal of Islamic Economic Studies*, Jil. 1, Bil. 1, h. 54-67.

Sejarah, Perkembangan dan Revolusi Pertanian dalam Tamadun Islam serta Kaitannya dengan Zaman Moden
Pertanian telah menjadi tulang belakang ekonomi dan kehidupan manusia sejak zaman purba lagi. Secara keseluruhan, pertanian telah membentuk dan membangun tamadun manusia di seluruh dunia. Sejak zaman purba hingga zaman moden, perkembangan teknologi dan perubahan dalam masyarakat telah mempengaruhi cara manusia mengelola pertanian dan hasil pertanian. Di antara tamadun manusia, Islam juga memberikan perhatian yang besar terhadap pertanian dan menekankan perlunya menjaga alam sekitar dan mengelola sumber daya alam secara berhemah.⁶

Sejak zaman Rasulullah SAW, bidang pertanian telah menjadi antara sektor yang terpenting dalam tamadun Islam. Pertanian memainkan peranan yang sangat penting dalam menampung keperluan asas kehidupan manusia, membentuk asas ekonomi, dan menyumbang kepada pembangunan tamadun Islam. Perkara ini disokong oleh rekod lampau dimana para wanita di zaman baginda menjalankan aktiviti pertanian di kawasan yang subur dan hijau. Di kota Madinah, para wanita bani Ansar membantu kaum muhajirin dengan membekalkan sumber makanan dengan mengusahakan tanaman terutamanya sayur-sayuran.⁷

Terdapat sejarah revolusi pertanian dalam tamadun Islam, ilmu-ilmu pertanian yang diaplikasikan pada masa itu, serta kepentingan-kepentingan bidang pertanian. Selain itu, penggunaan teknologi moden dalam pertanian amatlah penting kerana ia boleh diselaraskan sejajar dengan keperluan semasa bagi memenuhi keperluan masyarakat tamadun Islam pada zaman sekarang. Justeru itu, pengetahuan mengenai kewujudan revolusi pertanian pada zaman dahulu dan kaitannya dengan zaman moden akan membantu masyarakat untuk mengkaji bagaimana konsep atau kaedah yang diaplikasikan dalam pertanian tradisional berkembang dalam era moden dengan penerapan teknologi moden dan sains pertanian. Masyarakat juga dapat meneliti implikasi revolusi pertanian terhadap ekonomi, sosial, dan alam sekitar serta kesannya terhadap kehidupan manusia dalam era moden.

Selain itu, kepentingan revolusi pertanian semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman moden. Perubahan gaya hidup manusia, peningkatan penduduk dan keperluan makanan yang semakin meningkat, dan cabaran alam sekitar memerlukan kaedah-kaedah pertanian yang lebih cekap dan lestari.⁸ Dalam konteks ini, agama Islam juga memberi penekanan yang kuat terhadap kelestarian alam dan pemeliharannya.

Metodologi

Penyelidikan ini dilaksanakan dengan menggunakan kaedah kualitatif. Kaedah ini melibatkan kajian perpustakaan iaitu tinjauan literatur yang menyeluruh tentang revolusi pertanian dalam tamadun Islam dan kaitannya dengan zaman moden. Pengumpulan maklumat adalah daripada sumber-sumber seperti buku-buku terbitan akademik, artikel jurnal yang berindeks, dan kertas kerja. Sumber-sumber ini diperoleh dari pangkalan data dalam talian seperti Scopus, Google Scholar, IntechOpen, ScienceDirect, JSTOR, dan SpringerLink. Untuk sejarah tamadun Islam, sumber tambahan seperti penulisan ulama' dan dokumen rasmi sejarah digunakan dalam penyelidikan ini untuk mendapatkan rujukan tokoh Muslim terutamanya dalam menerangkan konsep pertanian dalam tamadun Islam. Beberapa kata kunci digunakan untuk mencari dan mengumpul maklumat yang terdiri daripada pertanian, tamadun Islam, perubahan teknologi, pertanian tradisional, pertanian moden, serta revolusi pertanian. Data yang diperoleh dianalisis dan dibincangkan secara kritikal.

Revolusi Pertanian Islam

Sebagaimana Islam berjaya mengubah akidah dan budaya masyarakat Arab jahiliah dalam tempoh suku abad sahaja, begitu juga ia dapat mengubah kehidupan manusia dan kehidupan petani khususnya dari timur ke barat dan utara ke selatan dalam satu revolusi yang tidak pernah terjadi dalam sejarah manusia. Revolusi yang paling gemilang dikenali sebagai Revolusi pertanian Arab di zaman Abbasiyah. Revolusi pertanian ini berjalan sepanjang tamadun Islam sehingga ke dunia moden.

⁶ Samsul Munir Amin (2009), *Sejarah Peradaban Islam*, Jakarta: Amzah, h. 471.

⁷ Sohaib Ahmed, Peeral Khan, Naheed Arain, Uzma Muhammad Younus (2021), "The Economic Activities of Women at the Era of Prophet Muhammad PbuH," *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, Jil. 18, Bil. 18, h. 1164-1172.

⁸ Nur Hidayah (2003), "Kepentingan Revolusi Pertanian," *Slideshare*, diakses 28 April 2023, <https://www.slideshare.net/umieyhidayah/kepentingan-revolusi-pertanian>.

Situasi revolusi ini adalah bermula daripada tindakan Rasulullah SAW yang meletakkan kepercayaan baginda kepada umat Islam dalam menentukan kaedah dan jalan kehidupan mereka sendiri. Contohnya, Rasulullah SAW telah menunjukkan dan mengenalkan kaedah mengkacukkan kurma kepada baginda sebagai bukti yang baginda bersetuju jika mereka mencari teknik atau cara yang sebaik-baiknya bagi melakukan sesuatu perkara. Kebebasan dalam menentukan cara hidup ini perlulah berlandaskan pegangan yang teguh kepada ajaran Islam dan tidak bercanggah dengan hukum syara' kerana Islam itu sendiri tidak membataskan semangat dan keberanian umat Islam di seluruh dunia dalam mencipta sesuatu perkara dengan syarat perkara itu memudahkan dan mempercepatkan kerja, menambahkan hasil, mengurangkan kerugian, dan memperoleh kebaikan.⁹ Hal ini berlanjutan di era pemerintahan Muawiyah dan Abbasiyah, dimana banyak buku-buku pertanian daripada tamadun Rom dan India telah diterjemahkan oleh para cendekiawan Islam untuk kegunaan para petani berlandaskan semangat Al-Quran.¹⁰

Revolusi pertanian ini juga dapat diperhatikan dengan jelas jika merujuk kepada perkembangan sejarah pertanian, seperti apa yang disokong oleh Ahmad Y. al-Hasan dalam penulisan beliau iaitu:

Sesudah berlaku penyebaran Islam ke tiga buah benua dalam abad pertama dan kedua Hijrah (abad ke-7 dan ke-8 Masihi) maka teretuslah suatu revolusi yang hebat. Revolusi ini nyala dari hujung bahagian timur wilayah Islam membawa ke seluruh daerah kekuasaan Islam pada akhir abad ke-5 Hijrah (ke 11 M) sejak dari Sepanyol dan Sisili hingga ke Tronoxiona mempunyai jangkauan jangka jauh, mulai dari pengeluaran hasil pertanian, kependudukan, pertumbuhan kosa, distribut (pembahagian) tenaga kerja, industri, pakaian, makanan, serta berbagai kegiatan yang lain.

Satu aspek revolusi ini adalah pengenalan dan penyebaran berbagai jenis tanaman baru ke seluruh dunia Islam seperti padi, sorghum (sejenis gandum), gandum keras (*Triticum durum*), tebu, kapas, semangka, terung, bayam, pokok buah buahan, sayur-sayuran dan berbagai jenis bunga; di mana penyebarannya sangat meluas.

Hal ini benar-benar luar biasa, di mana la berlaku hanya dalam empat abad pertama Islam: apalagi sebahagian besar tanaman itu berasal dari kawasan Tropika dan tak mudah hidup di tempat-tempat yang lebih dingin dan kering sehingga kehadirannya menimbulkan efek yang sungguh revolusioner terhadap sistem agrikultur secara keseluruhan. Prestasi semacam ini tak ada tandingannya hingga masa renaissance (Renaissance: Kebangkitan Kembali) dan sesudahnya, ketika seluruh benua telah ditemukan.¹¹

Perubahan teknik pertanian yang berlaku selepas pengenalan tanaman-tanaman baru ini telah membawa kepada penanaman tumbuhan yang lebih meluas. Contohnya, secara tradisional, musim penanaman dilakukan semasa musim tengkujuh atau hujan kerana pada waktu itu tanah subur dan sesuai untuk membiakkan tumbuh-tumbuhan dan tanah-tanah dibiarkan kosong tanpa sebarang proses penanaman pada musim panas kerana keadaan tanah yang terlalu kering dan tidak sesuai dengan sebarang tumbuhan. Namun, setelah masyarakat didedahkan dengan tanaman-tanaman baru, lebih banyak tumbuh-tumbuhan yang ditanam pada musim panas berikutan terdapat tanaman yang memerlukan cuaca panas untuk tumbuh seperti tanaman padi. Pengairan dalam pertanian juga telah direvolusi agar dapat meningkatkan keberhasilan dalam meningkatkan produktiviti pertanian kerana sesetengah tanaman-tanaman baru lebih memerlukan banyak air seperti tanaman tebu dan kapas. Sistem pengairan yang baik dapat mengatasi keadaan musim panas yang melampau dalam kebanyakan negara.

Revolusi Pertanian Mempunyai Kontribusi Besar dalam Kemajuan Tamadun

Pada era zaman keemasan dibawah pemerintahan khalifah Abbasiyah, sektor pertanian telah melonjak dengan pesat sejajar dengan perluasan jajahan takluknya bagi menampung keperluan rakyat jelata. Penyerapan teknologi dan pengenalan tanaman-tanaman baru dari negara seperti India telah membolehkan hasil pertanian berjaya dituai sekurang-kurangnya 4 kali dalam masa 2 tahun

⁹ Abdullah al-Qari bin Haji Salleh (2009), *Islam Penggerak Revolusi Pertanian*, Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, h. 305.

¹⁰ Abdullah al-Qari bin Haji Salleh (2009), *Islam Penggerak Revolusi Pertanian*, h. 305.

¹¹ Ahmad Y. Al-Hassan and Donald R. Hill (1993), *Teknologi Dalam Sejarah Islam*, Bandung: Penerbit Mizan, h. 333.

Sejarah, Perkembangan dan Revolusi Pertanian dalam Tamadun Islam serta Kaitannya dengan Zaman Moden berbanding sistem tradisional yahudi iaitu hanya sekali dalam tempoh 2 tahun. Walaubagaimanapun, kaedah baru ini memerlukan bekalan air yang banyak untuk memastikan kondisi tanah kekal baik untuk terus digunakan bagi tujuan pertanian yang lestari.¹² Kerana tuntutan ini, para cendekiawan pada masa itu telah mengadaptasikan teknologi irigasi baru seperti pembinaan *qanat* atau parit bawah tanah dari Iran sebagai salah satu solusi pengairan tanaman.¹³ Teknologi pengairan ini mampu membekalkan air di kawasan yang kering kontang sehinggakan mampu mewujudkan keadaan yang sesuai untuk aktiviti pertanian di kawasan timur tengah. Seawal abad ke-9, sistem pertanian yang inovatif menjadi pusat kepada kehidupan ekonomi dan organisasi pengeluaran di tanah Islam. Bandar-bandar besar Islam di Asia Timur, Afrika Utara, dan Sepanyol telah dibangunkan oleh sistem pertanian yang rumit serta merangkumi pengairan yang luas. Oleh sebab itu, hasil daripada pengetahuan pakar-pakar pertanian yang terdahulu, bandar-bandar besar Islam ini mendapat manfaat daripada beberapa kaedah pertanian yang paling maju yang diketahui setakat ini.

Masyarakat Islam juga aktif menternak kuda dan biri-biri yang sihat serta menanam dan menghasilkan kebun sayur yang terbaik. Mereka tahu bagaimana untuk melawan serangga perosak, kaedah menggunakan baja, dan pakar dalam cantuman pokok yang melibatkan pelbagai spesies tumbuhan untuk menghasilkan varieti tumbuhan yang baru.¹⁴ Glick mentakrifkan revolusi pertanian Islam sebagai pengenalan tanaman baru yang digabungkan dengan peluasan dan pengukuhan pengairan, mewujudkan sistem pertanian yang kompleks dan pelbagai, di mana pelbagai jenis tanah digunakan dengan cekap.¹⁵ Hasil daripada pertanian intensif itu, pengeluaran pertanian bertindak balas dengan cepat terhadap permintaan penduduk bandar yang semakin canggih serta dapat menyediakan bandar-bandar tersebut dengan pelbagai produk yang tidak diketahui di tempat lain, contohnya, di Eropah Utara.¹⁶ Sistem pertanian umat Islam Sepanyol, khususnya, adalah “yang paling kompleks, yang paling saintifik, yang paling sempurna, yang pernah dirancang oleh kepintaran manusia.”¹⁷ Semasa Zaman Kegemilangan Islam, penyebaran tanaman baru dan kaedah pertanian ke Barat melalui Muslim Sepanyol telah dipanggil revolusi pertanian kerana ia mempunyai kesan besar bukan sahaja terhadap pengeluaran pertanian tetapi juga pendapatan, tahap penduduk, pertumbuhan bandar, pengedaran buruh, pengeluaran perindustrian, pakaian, bahan makanan, dan pola pemakanan.

Watson menyimpulkan dengan berhujah bahawa peningkatan produktiviti tanah dan buruh pertanian adalah disebabkan oleh pengenalan tanaman baru yang menghasilkan produktiviti yang lebih tinggi dan jenis tanaman lama yang lebih baik melalui penggunaan tanah yang lebih khusus.¹⁸ Perubahan ini sendiri telah berlaku secara positif dan memberi kesan kepada sektor ekonomi iaitu pertumbuhan perdagangan, peningkatan ekonomi, pertumbuhan penduduk dan perkembangan pembandaran yang semakin meningkat.¹⁹

Tokoh-tokoh Ilmuwan Islam dalam Pertanian

Bagi meneruskan perkembangan bidang dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan pertanian, terdapat sebahagian daripada para ulama’ yang datang terkemudian telah mengeluarkan pandangan mereka berkenaan dengan tumbuh-tumbuhan dan kaedah-kaedah pertanian serta menghasilkan karya-karya berkenaan bidang pertanian. Pengetahuan mengenai sumbangan tokoh-tokoh ilmuwan Islam tersebut telah memberi sumbangan yang besar dan bernilai bukan sahaja kepada tamadun Islam malah kepada dunia seluruhnya. Jadual 1 menunjukkan tokoh-tokoh ilmuwan Islam dan sumbangan mereka dalam bidang pertanian.

¹² Andrew M. Watson (1974), “The Arab agricultural revolution and its diffusion, 700-1100,” *The Journal of Economic History*, Jil. 34, Bil. 1, h. 8-35.

¹³ Gideon Avni (2018), “Early Islamic irrigated farmsteads and the spread of qanats in Eurasia,” *Water History*, Jil. 10, Bil. 4, h. 313-338.

¹⁴ Frederick B. Artz (1980), *The Mind of the Middle Ages: An Historical Survey*, ed. ke-3, Chicago: University of Chicago Press, h. 600.

¹⁵ Thomas F. Glick (2005), *Islamic and Christian Spain in the Early Middle Ages*, Leiden: Brill, h. 402.

¹⁶ Glick (2005), *Islamic and Christian Spain in the Early Middle Ages*, h. 402.

¹⁷ Samuel Parsons Scott (2021), *History of the Moorish Empire in Europe*, London: Bloomsbury Academic, h. 2224.

¹⁸ Andrew M. Watson (2008), *Agricultural Innovation in the Early Islamic World: The Diffusion of Crops and Farming Techniques 700-1100*, Cambridge: Cambridge University Press, h. 284.

¹⁹ Watson (2008), *Agricultural Innovation in the Early Islamic World*, h. 284.

Jadual 1: Tokoh-tokoh Ilmuwan Islam dan Sumbangan Mereka

Tokoh Ilmuwan Islam	Sumbangan	Sumber
Ibn Khaldun	Kitab <i>Muqaddimah Ibn Khaldun</i>	(Khaldun, 1967)
Al-Dinawari	Kitab <i>al-Nabat</i> (tumbuh-tumbuhan)	(Nor et al., 2008)
Ibn Sidah	Kitab <i>al-Mukhassas</i>	(Nor et al., 2008)
Ibn al-Rumiyyah	Kitab <i>al-Rehlah al-Nabatiyyah</i>	(Nor et al., 2008)
Ibn al-Baytar	Kitab <i>Al-Jami' Li Mufradat al-Adawiyyah Wa al-Akhziyyah</i>	(Nor et al., 2008)
Ibn al-Awwam	Kitab <i>al-Filaha</i>	(Al-Ishbili, 1802)

Ibn Khaldun

Abd Al-Rahman Ibn Muhammad Ibn Khaldun atau dikenali sebagai Ibn Khaldun adalah seorang tokoh Islam yang juga seorang pakar sains berbangsa Arab. Ibn Khaldun dilahirkan pada 27 Mei 1332 di Tunisia dan telah meninggal dunia di Kaherah, Mesir pada 17 Mac 1406.²⁰ Ibn Khaldun telah menghasilkan karya teragungnya iaitu Kitab *Muqaddimah Ibn Khaldun* yang mengandungi falsafah berdasarkan keagamaan serta pendedahan saintifik mengenai politik, sejarah, dan ekonomi.²¹ Menurut Ibn Khaldun dalam karyanya tersebut, bidang pertanian merupakan sektor yang memiliki tradisi yang panjang dan terpenting dalam sejarah manusia kerana dapat menyediakan makanan yang merupakan sumber keperluan asas utama manusia. Selain itu, sektor pertanian juga dapat mengembangkan ekonomi sesebuah negara melalui aktiviti perdagangan yang berteraskan hasil pertanian. Perkembangan ekonomi tersebut telah membawa kepada pertumbuhan penduduk dan memperkayakan kehidupan manusia dalam sesebuah tamadun.²² Hasil pertanian tersebut juga telah membantu manusia melangsungkan kehidupan dan mengembangkan ternakan. Hasil ternakan tersebut dapat menghasilkan barangan bernilai yang digunakan oleh manusia, seperti susu daripada ternakan, sutera daripada ulat sutera, madu daripada lebah, atau tumbuhan yang menghasilkan buah.²³

Al-Dinawari

Abu Hanifa al-Dinawari merupakan ahli botani yang tinggal di Andalusia, Sepanyol. Beliau dilahirkan di Dinawar dan belajar Astronomi, Matematik, dan Mekanik di Isfahan, Parsi dan mendalami ilmu Falsafah dan puisi di Kufa dan Basra, Iraq. Beliau meninggal dunia pada 24 Julai 896M di Dinawar. Al-Dinawari dianggap sebagai pengasas botani Arab untuk Kitab *al-Nabat* (Buku Tumbuhan), mengandungi enam jilid (Rajah 2). Hanya jilid ketiga dan kelima yang terselamat, manakala jilid keenam sebahagiannya telah dibina semula berdasarkan petikan daripada karya-karya yang muncul selepasnya. Dalam sebahagian karyanya yang masih wujud, 637 tumbuhan diterangkan satu-persatu. Beliau menerangkan fasa pertumbuhan bagi setiap tumbuhan dan pengeluaran bunga serta buah.²⁴

Rajah 2: Kitab *al-Nabat*



Sumber: Fahd (1996)

²⁰ Mohammad Abdullah Enan (2012), *Ibnu Khaldun: Riwayat Hidup Dan Karyanya*, Kuala Lumpur: Institut Terjemahan Negara Malaysia Berhad, h. 140.

²¹ Mohammad Abdullah Enan (2012), *Ibnu Khaldun*, h. 140.

²² Dieter Weiss (1995), "Ibn Khaldun on Economic Transformation," *International Journal of Middle East Studies*, Jil. 27, Bil. 1, h. 31-33.

²³ Ibn Khaldun (1967), *The Muqaddimah: An Introduction to History*, Franz Rosenthal (terj.), Princeton: Princeton University Press, h. 681.

²⁴ Toufic Fahd (1996), "Botany and Agriculture," dalam Morelon, Roshdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, New York: Routledge, h. 813.

Ibn Sidah

Abu al-Hasan Ali bin Ismail atau dikenali sebagai Ibn Sidah merupakan ahli bahasa, ahli filologi dan leksikografi bahasa Arab Klasik dari Andalusia. Ibn Sidah dilahirkan di Murcia, Andalusia. Beliau menyusun ensiklopedia *al-Kitab al-Mukhassas* (Kitab Adat) dan kamus bahasa Arab, *Al-Mukkam wa al-Muhit al-A'zam*. Sumbangannya kepada sains bahasa, kesusasteraan, dan logik adalah besar dan banyak memberi manfaat kepada dunia.²⁵

Ahli bahasa pada zaman dahulu selalu memberi perhatian yang khusus dalam mengumpul dan merekodkan nama tumbuhan dan istilah teknikal yang berkaitan dengan pertanian. Usaha ini membekalkan khazanah perbendaharaan kata yang kaya yang tercermin dalam beberapa kamus khusus, seperti *Al-Mukhassas* (Pengkhususan) yang merupakan karya Ibn Sidah (Rajah 3). Sesiapa yang mempunyai peluang untuk memerhatikan esei linguistik mengenai pertanian dan penanaman akan benar-benar kagum dengan ketepatan masa dan maklumat yang komprehensif yang dalam karya tersebut. Selain itu, Ibn Sidah juga menulis bab lengkap dalam *Al-Mukhassas* yang dikhaskan untuk menjelaskan sebab-sebab yang menghalang tumbuhan daripada tumbuh dengan sihat. Beliau juga menulis bab mengenai penyakit yang mempengaruhi daun tumbuhan dan batang pokok. Perkara ini telah membantu pakar-pakar Arab dalam bidang pertanian yang giat dalam memberi tumpuan kepada penyakit-penyakit dalam tumbuhan.

Rajah 3: Kitab *al-Mukhassas*



Sumber: (Nizamoglu, 2010)

Ibn al-Rumiyyah

Banafsha binti Abdullah al-Rumiyyah merupakan seorang hamba kepada khalifah Abbasiyyah Al-Mustadi yang meninggal dunia pada 1180H. Beliau datang daripada wilayah yang dikenali sebagai “Rom” atau *Rumiyya*, iaitu berasal daripada Yunani. Beliau merupakan anak perempuan kepada Abdullah, yang merupakan seorang warga Yunani. Dalam mengikut adat resam yang wujud pada ketika itu, beliau telah dipaksa untuk memeluk agama Islam dan diberi nama baru. Beliau juga merupakan gundik kegemaran Al-Mustadi yang berkahwin dengannya. Beliau mempunyai sebuah istana yang dibina untuk kegunaan peribadinya di Baghdad.²⁶

Ibn al-Rumiyyah merupakan seorang ulama’ yang mahir dalam bidang yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan dari segi jenis, kelebihan, habitat, dan perbezaan bagi setiap tumbuhan sehingga telah menjadi rujukan oleh para ilmuwan yang lain melalui karya beliau iaitu *Kitab al-Rehlah al-Nabatiyyah*.

Ibn al-Baytar

Terdapat seorang tokoh ilmuwan Islam, Abu Muhammad Diya’ al-Din Abdullah bin Ahmad bin Al-Baitar Al-Maliqi Al-Andalusi ataupun dikenali sebagai Ibn Al-Baytar merupakan seorang ahli botani yang aktif pada abad ke-13. Beliau dilahirkan di bandar Andalusia dan mendalami ilmu botani daripada seorang ahli botani, Malagan Abu al-’Abbas al-Nabati, dan mula mengumpul ilmu pengetahuan berkenaan dengan tumbuhan di dalam dan sekitar Sepanyol.²⁷

²⁵ Cem Nizamoglu (2010), “Gleanings from the Islamic Contribution in Agriculture,” *Muslim Heritage*, diakses 18 April 2023, <https://muslimheritage.com/gleanings-islamic-contrib-agriculture/#ftn27>.

²⁶ Ibn Al-Sā’ī (2017), *Consorts of the caliphs: women and the court of Baghdad*, New York: New York University Press, h. 176.

²⁷ Aiman Yasin Atat (2022), “Ibn Al-Baytar’s Al-Mughni Fi Al-Tibb, Muslim Heritage,” diakses 7 Mei 2023, <https://muslimheritage.com/ibn-al-baytar-al-mughni/>.

Pada tahun 1219 Masihi, Ibn al-Baytar telah meninggalkan Malaga kerana ingin mengembara mengelilingi bahagian barat dan timur Mediterranean untuk mendapatkan lebih banyak pengetahuan mengenai sebuah buku yang ditulis oleh Dioscurides berjudul *Materia Medica*. Selepas tahun 1224 Masihi, beliau terlibat dalam perkhidmatan di bawah Sultan Ayyubid Al-Kamil di Kaherah dan telah dilantik sebagai pakar herba.²⁸ Pada tahun 1227 Masihi, Al-Kamil meluaskan empayarnya ke Damsyik, dan Ibn al-Baytar mengiringi beliau sepanjang pemerintahan di Damsyik. Oleh yang demikian, perkata ini telah memberinya peluang untuk mengumpul ilmu pengetahuan berkenaan tumbuh-tumbuhan di Syria. Penyelidikannya mengenai tumbuh-tumbuhan diperluaskan di sekitar Mediterranean sehingga dapat menghasilkan karya yang berjudul *Al-Jami' Li Mufradat al-Adawiyyah Wa al-Akhziyyah*, iaitu sebuah kitab yang menyentuh mengenai tumbuh-tumbuhan dan haiwan yang boleh dimanfaatkan dalam perubatan (Rajah 4). Al-Baytar kemudiannya telah meninggal dunia di Damsyik pada tahun 1248 Masihi.²⁹

Rajah 4: Kitab *Al-Jami' Li Mufradat al-Adawiyyah Wa al-Akhziyyah*



Sumber: (Fahd, 1996)

Pandangan Ibn al-Awwam Mengenai Perkembangan Pertanian

Pada abad ke-12, revolusi pertanian dalam tamadun Islam telah berkembang dengan pesat dan Andalusia telah menjadi antara pusat revolusi pertanian yang terpenting dalam sejarah Islam.³⁰ Andalusia merupakan semenanjung Iberia yang terdiri daripada Sepanyol dan Portugal dengan mempunyai keluasan negara kira-kira 600,000 km². Di Andalusia, terdapat ramai pakar pertanian yang muncul sehingga menyumbang kepada perkembangan ekonomi yang pesat di negara itu dan antara salah seorang daripada pakar-pakar pertanian tersebut ialah Abu Zakari Yahya ibn Muhammad ibn Ahmad al-Awwam al-Ishbili ataupun dikenali sebagai Ibn al-Awwam. Beliau mendapat penghormatan yang tertinggi sebagai pakar pertanian yang terkemuka kerana beliau merupakan satu-satunya ahli agronomi yang disebut dalam kitab *Muqaddimah* yang merupakan karya seorang sejarawan yang hebat iaitu Ibn Khaldun.

Ibn al-Awwam telah menyumbang banyak perkara dalam bidang pertanian dan beliau merupakan pengarang karya yang terkenal iaitu *Kitab al-Filaha* (Rajah 5). *Kitab al-Filaha* ialah sebuah karya yang banyak menyumbang kepada masyarakat Islam mengenai ilmu pertanian dan merupakan salah satu karya Islam yang paling penting dan berharga.

²⁸ Atat (2022), "Ibn Al-Baytar's Al-Mughni Fi Al-Tibb, Muslim Heritage."

²⁹ Toufic Fahd (1996), "Botany and Agriculture," dalam Roshdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, New York: Routledge, h. 813.

³⁰ Vindi Husnul Khuluq, Syamsuri dan Setiawan bin Lahuri (2020), "Perkembangan Pertanian Dalam Peradaban Islam: Sebuah Telaah Historis Kitab Al Filaha Ibnu Awwam," *Tamaddun: Jurnal Sejarah dan Kebudayaan Islam*, Jil. 8, Bil. 1, h. 77-100.

Rajah 5: Kitab Al-Filaha



Sumber: (Cita, 2022)

Ibn al-Awwam telah menyumbang kepada revolusi pertanian sepanjang era peradaban Islam kerana dalam tamadun Islam, kegiatan pertanian merupakan sumbangan terbesar dalam mengeluarkan makanan dan herba bagi keperluan harian dalam kehidupan masyarakat Islam. Melalui karya beliau tersebut, dapat didedahkan bahawa Ibn al-Awwam itu seseorang yang sangat berilmu dalam menguasai bidang pertanian terutamanya ilmu yang berkaitan dengan penggunaan tanaman sebagai makanan dan ubat-ubatan. Karya beliau ini terdiri daripada 34 bab di mana 30 daripada bab-bab itu menyentuh bab pertanian, manakala 4 bab terakhir menyentuh bab penternakan. Di dalam karya ini juga, terdapat sebanyak 585 jenis tanaman yang diperjelaskan secara terperinci dan mempunyai penjelasan mengenai kaedah penanaman sebanyak 50 tumbuh-tumbuhan.

Antara ilmu pertanian yang disentuh dalam *Kitab al-Filaha* ialah penerangan secara terperinci mengenai kaedah pemilihan tanah dan aspek-aspek penting dalam mengekalkan kualiti tanah untuk tujuan pertanian. Antaranya ialah cara mengetahui jenis tanah yang baik atau rosak, cara menyuburkan tanah menggunakan bahan organik, cara menentukan kualiti tanah yang bersesuaian dengan tumbuhan tertentu, cara mengetahui kesuburan tanah, cara menyediakan dan meningkatkan kualiti tanah dengan baja, cara membuat baja tanah, cara mengetahui kebaikan baja ternakan dari semasa ke semasa, cara menggunakan baja tanah, cara membaiki tanah yang rosak, memahami jenis dan sumber baja tanah, dan sebagainya. Di antara dua jenis tanah yang umum iaitu tanah kering dan tanah irigasi, tanah irigasi merupakan jenis tanah yang paling signifikan dan terbaik.³¹ Selain itu, terdapat juga pendedahan mengenai ilmu pengairan dalam pertanian iaitu memahami jenis air dan kualitinya, mengetahui jenis air yang sesuai untuk setiap jenis tumbuhan, dan sumber air.

Di dalam *Kitab al-Filaha* itu juga, terdapat pendedahan mengenai kaedah dan teknik semaian, tumbesaran tumbuhan, percambahan biji benih, pemindahan dan susunan tanah atau media, jarak semaian, pengendalian benih tanaman dan perkara-perkara yang memerlukan perhatian daripada biji benih setiap jenis tumbuhan. Terdapat juga ilmu pertanian berkenaan dengan pengenalan keadaan udara, angin dan musim tumbuh, agar dapat memberi pendedahan kepada petani dalam mengetahui tentang jenis tanaman dan waktu yang sesuai untuk menanamnya. Tidak ketinggalan juga ilmu pertanian yang mengandungi penyelidikan tumbuhan yang bermusim terutamanya yang melibatkan suhu dan angin kerana pemilihan tumbuhan yang sesuai untuk setiap musim dan untuk kawasan tertentu dapat membantu tumbuhan tersebut untuk berkembang dengan sempurna.

Seterusnya, Ibn al-Awwam juga turut mengumpul pelbagai teknik cantuman tumbuhan yang datang daripada bangsa Rom, Parsi, Yunani dan pelbagai jenis teknik cantuman untuk semua jenis buah-buahan sebagai rujukan tambahan untuk para petani.³² Seterusnya, ilmu berkenaan peringkat pertumbuhan tumbuhan juga dibincangkan dalam karya beliau termasuklah keperluan setiap tumbuhan pada setiap peringkat dan masa pertumbuhan bagi setiap tumbuhan tersebut. Antaranya ialah bilangan

³¹ Ibnu al-Awwam, Abu Zakariya Yahya ibnu Muhammad ibnu Ahmad al-Awwam al-Ishbili (1802), *Kitab al-Filaha*, Waqf Fund Indonesia, Foundation, Trans., h. 776.

³² Vindi, Syamsuri dan Setiawan (2020), "Perkembangan Pertanian Dalam Peradaban Islam."

dan jarak tumbuhan yang sesuai, pembajaan tanaman, masa yang sesuai untuk pembajaan, jenis dan jumlah baja tumbuhan dan perubahan tumbuhan. Peringkat-peringkat pembajaan tanaman juga dibincangkan secara khusus dan terperinci termasuk cara meningkatkan kuantiti dan kualiti buah, keperluan penjagaan yang rapi dalam penjagaan tumbuhan, serta kaedah pembajaan dan pengairan semasa tempoh pembajaan. Selain itu, karya tersebut turut membincangkan secara terperinci mengenai penjagaan dan pengendalian tumbuhan yang berpenyakit, pengendalian tanaman dan buah-buahan yang belum matang, serta cara-cara meningkatkan kualiti rasa dan aroma bagi menentukan kesegaran buah.

Revolusi Pertanian Tradisional kepada Pertanian Moden

Perkaitan antara Bidang Pertanian Tradisional dan Moden

Kewujudan pertanian tradisional mahupun pertanian moden adalah untuk tujuan yang sama iaitu untuk menghasilkan bahan makanan bagi kelangsungan hidup dalam masyarakat dunia terutamanya tamadun Islam. Kedua-dua sistem pertanian tersebut melibatkan kegiatan pemeliharaan dan pemuliharaan tumbuh-tumbuhan seperti penanaman, penyiraman, penuaian, dan perawatan tanaman agar dapat menghasilkan produktiviti yang tinggi dalam kuantiti dan kualiti. Dari segi keselamatan dan kelangsungan dalam pertumbuhan tanaman, kaedah pengendalian serangga perosak tetap diaplikasikan dalam kedua-dua pertanian tradisional dan pertanian moden agar dapat mengurangkan jumlah kerosakan tanaman sepanjang tempoh pertanian. Akhirnya, kedua-dua sistem pertanian ini juga menggunakan sumber alam yang sama iaitu air, tanah, cahaya matahari, dan oksigen dan memerlukan kadar penjagaan yang sama bagi setiap jenis tumbuh-tumbuhan.

Namun begitu, revolusi yang berlaku dalam pertanian sepanjang perkembangan tamadun menyebabkan banyak perubahan yang berlaku dari segi pendekatan dan pengetahuan, teknologi, matlamat, produktiviti, dan kesan.³³ Selain itu, terdapat juga beberapa aspek utama yang perlu wujud dalam meningkatkan tanaman ke arah yang lebih mampan iaitu tanah, peralatan pertanian, baja, dan pengairan. Jadual 2 menunjukkan perbezaan antara aspek-aspek berikut dalam pertanian tradisional dan pertanian moden.

Jadual 2: Perbezaan antara Pertanian Tradisional dan Pertanian Moden

Aspek	Pertanian Tradisional	Pertanian Moden
Pengetahuan	Pengetahuan berdasarkan pengalaman tempatan dan kepercayaan tradisional	Pengetahuan berdasarkan penelitian dan pengujian teknologi
Tujuan	Memenuhi keperluan petani	Memenuhi permintaan pasaran untuk tujuan keuntungan
Tanah	Kaya dengan nutrisi yang lebih semula jadi	Mendapat nutrisi yang telah diubahsuai dengan bahan kimia
Peralatan Pertanian	Menggunakan tenaga manusia dan peralatan lama seperti cangkul, bajak dan sebagainya	Menggunakan teknologi canggih seperti jentera, mesin menuai, solar dan sebagainya
Baja	Menggunakan sumber organik	Menggunakan bahan kimia
Pengairan	Bergantung kepada kelembapan tanah dan pola hujan	Menggunakan teknologi seperti sistem pengairan automatik, dron dan kaedah pertanian seperti fertigasi
Pembiakan aseks	Menggunakan kaedah vegetatif	Menggunakan kaedah kultur tisu

³³ Gerald M. Meier dan James E. Rauch (2005), *Leading Issues in Economic Development*, New York: Oxford University Press, h. 672.

Pengetahuan

Pertanian tradisional dijalankan berdasarkan pengetahuan daripada pengalaman dan kepercayaan yang diwariskan secara turun-temurun. Pengetahuan sesuatu masyarakat yang diturunkan dan dipraktikkan dari satu generasi ke generasi yang lain memberi impak yang sangat besar dalam memastikan kemampuan sumber alam dan manusia, adat dan budaya dapat dikekalkan dan memberi faedah dalam kesinambungan kehidupan.³⁴ Manakala pertanian moden pula menggunakan pendekatan ilmiah yang lebih sistematis dalam memahami dan mengelola tanah. Pengetahuan ilmiah yang dikembangkan melalui penelitian dan pengujian terhadap pertanian digunakan untuk memahami sifat dan keadaan tumbuh-tumbuhan secara mendalam.

Tujuan

Pertanian tradisional sentiasa berfokus kepada perkembangan dan kemandirian masyarakat terdahulu terutamanya para petani. Tujuan utama petani menjalankan pertanian adalah untuk mengurangkan kebergantungan kepada sumber alam yang lain agar bekalan makanan sentiasa cukup dan tidak putus. Pada ketika ini, keuntungan dalam perniagaan bukanlah fokus utama memandangkan modul yang diperlukan untuk meningkatkan produktiviti dalam pertanian adalah sedikit. Pertanian tradisional juga merupakan aktiviti yang sangat rendah dari segi pengeluarannya kerana bergantung kepada sebahagian besar kemampuan fizikal petani dan pekerjanya. Ini menjadikan penghasilan sumber untuk produk yang lebih baik menjadi rendah.

Pertanian moden merupakan pertanian yang mempunyai tujuan untuk meningkatkan produktiviti dan keberhasilan dalam memenuhi permintaan pasaran sama ada di kalangan masyarakat mahupun di peringkat global. Dengan mencapai tujuan tersebut, kadar kerugian dalam perniagaan yang melibatkan pertanian dapat dikurangkan dan mendapat pulangan modal yang tinggi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dalam sistem pertanian.

Peralatan Pertanian

Pertanian tradisional menggunakan peralatan pertanian yang lama dan ringkas berbanding dengan pertanian moden yang menggunakan peralatan pertanian yang lebih canggih dan berteknologi tinggi.

Antara contoh-contoh peralatan pertanian yang digunakan dalam pertanian tradisional tersebut ialah cangkul, pencakar tanah, dan penyodok besi (Rajah 6-8). Peralatan pertanian seperti cangkul tersebut digunakan untuk menggali, membalik, memecah dan menggemburkan tanah. Alat ini terdiri daripada bilah logam yang tajam yang dipasang pada gagang kayu dan menekan bilah logam ke dalam tanah dengan menggunakan tenaga manusia seterusnya mengangkat dan membalikkan tanah untuk menggemburkannya. Selain itu, penggunaan tenaga manusia sepenuhnya dalam pertanian tradisional juga memainkan peranan yang penting dalam memastikan pertanian giat dilaksanakan. Hampir semua aktiviti pertanian seperti membajak sawah, menanam padi, memotong tumbuhan, dan menggemburkan tanah dilakukan dengan tenaga manusia dengan menggunakan peralatan tradisional tersebut. Rajah 9 dan 10 menunjukkan aktiviti menanam padi dan membajak tanah menggunakan tenaga manusia.

Rajah 6: Cangkul



Sumber: (Abdullah al-Qari, 2009)

³⁴ Donney Fred Desmond dan Norjieta Julita Taisin (2018), "Pengetahuan Lokal dalam Pertanian Masyarakat Kadazandusun di Sabah," *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, Jil. 3, Bil. 3, h. 122-130.

Rajah 7: Pencakar tanah



Sumber: (Abdullah al-Qari, 2009)

Rajah 8: Penyodok besi



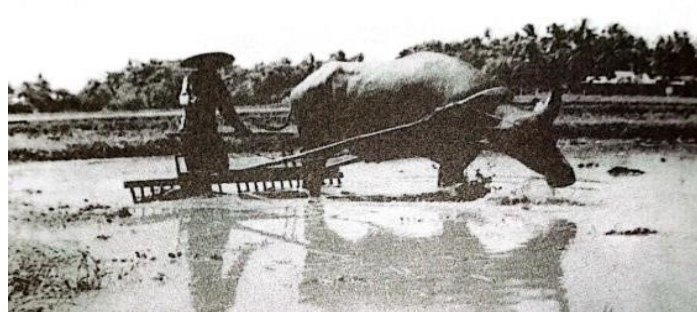
Sumber: (Abdullah al-Qari, 2009)

Rajah 9: Aktiviti menanam padi menggunakan tenaga manusia



Sumber: (Abdullah al-Qari, 2009)

Rajah 10: Aktiviti membajak tanah menggunakan tenaga manusia



Sumber: (Abdullah al-Qari, 2009)

Antara contoh peralatan pertanian yang digunakan dalam pertanian moden pula ialah jentera menuai padi (*combine harvester*), mesin menuai kentang, mesin penanam jagung, jentera penanam padi (*transplanter*) dan sebagainya (Rajah 11-13).³⁵ Peralatan pertanian moden yang serba canggih dan

³⁵ Keru Wang et al. (2021), "Review of Combine Harvester Losses for Maize and Influencing Factors," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Jil. 14, Bil. 1, h. 1-10.

Sejarah, Perkembangan dan Revolusi Pertanian dalam Tamadun Islam serta Kaitannya dengan Zaman Moden berteknologi tersebut merupakan peralatan dan mesin pertanian yang menggunakan teknologi terkini untuk memudahkan dan mempercepat pengolahan tanah dan mengembangkan hasil pertanian. Peralatan pertanian moden dapat meningkatkan produktiviti, kecekapan, dan kualiti pertanian.

Rajah 11: Mesin menanam jagung



Sumber: <https://evanzimbe.blogspot.com/search/label/Alat%20Pertanian%20modern>

Rajah 12: Mesin menuai kentang



Sumber: <https://evanzimbe.blogspot.com/search/label/Alat%20Pertanian%20modern>

Rajah 13: Mesin menuai padi



Sumber: <https://keithglover8.blogspot.com/2022/08/jentera-menuai-padi.html>

Baja

Baja merupakan suatu bahan yang diletakkan pada tanah untuk memberi nutrien dan keperluan tambahan kepada tanaman supaya dapat meningkatkan produktiviti dan kualiti tanaman tersebut.³⁶ Baja dikategorikan kepada dua jenis iaitu baja organik dan baja kimia. Baja organik selalunya digunakan dalam pertanian tradisional manakala baja kimia selalu digunakan dalam pertanian moden.

Baja organik merupakan baja yang terhasil daripada proses pereputan sisa haiwan dan tumbuhan. Ia merupakan baja yang mesra alam kerana dihasilkan tanpa menggunakan bahan kimia. Baja organik mampu meningkatkan keupayaan tanah dalam membekalkan nutrien dan air dengan cekap kepada tanaman dan perkara ini sangat bermanfaat untuk diaplikasikan ke atas tanah yang jenis berpasir kerana tanah tersebut tidak dapat menahan air semasa hujan dan mudah kehilangan nutrien.

³⁶ Abdullah al-Qari bin Haji Salleh (2009), *Islam Penggerak Revolusi Pertanian*, Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, h. 305.

Baja kimia pula merupakan baja yang terhasil daripada bahan tidak organik yang diproses secara sintetik bagi memasukkan satu nutrien utama atau lebih. Dalam pertanian moden, terdapat beberapa jenis baja yang dihasilkan berasaskan bahan kimia yang digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tumbuhan. Antara bahan kimia yang biasa digunakan dalam pembajaan ialah nitrogen, fosforus, kalium, dan mikronutrien. Penggunaan bahan kimia dalam pembajaan ini bertujuan untuk meningkatkan kandungan nutrien dalam tanah dan memastikan tanaman mendapat makanan yang secukupnya untuk mencapai pertumbuhan yang optimum. Fosforus merupakan bahan kimia yang digunakan secara meluas dalam penghasilan baja bagi meningkatkan hasil tanaman dan pengeluaran. Walaupun penyerapan fosforus oleh akar tanaman adalah lebih rendah daripada penyerapan bahan kimia lain, namun fosforus merupakan salah satu nutrien penting dalam pengeluaran hasil yang tinggi.³⁷

Pengairan

Pengairan merupakan proses penyediaan air kepada tanaman yang bertujuan untuk memenuhi keperluan air oleh tumbuhan tersebut bagi menghasilkan pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Kadar pengairan yang diperlukan bagi sesuatu tanaman adalah bergantung kepada jenis tanaman, keadaan tanah, jenis persekitaran di sekeliling, dan jenis baja yang digunakan ke atas tanaman tersebut. Pengairan yang tepat dan berterusan sangat penting dalam pertanian dan pelbagai alternatif dilakukan oleh petani atau industri pertanian bagi menghasilkan tanaman yang segar dan berkualiti. Oleh hal yang demikian, pengairan yang teratur dapat memastikan tanaman memperoleh air yang mencukupi bagi menjalankan fotosintesis, memindahkan nutrisi, dan menjaga keseimbangan kelembapan dalam tanah.

Dalam pertanian tradisional, pengairan yang dilaksanakan adalah bergantung kepada kelembapan tanah dan pola hujan. Petani akan memerhati keadaan tanah dan kadar taburan hujan bagi menentukan waktu yang sesuai untuk melaksanakan pengairan. Apabila keadaan tanah menjadi kelihatan kering atau keadaan tanaman yang menunjukkan tanda-tanda kekurangan air, petani akan melaksanakan pengairan ke atas tanaman dengan menggunakan peralatan tradisional seperti penjirus, roda pengepam air, takul air, dan sebagainya.³⁸

Antara peralatan untuk menggerakkan dan mengangkut air ke kawasan yang lebih tinggi ialah menggunakan kincir dan takul air (*Shaduf*) (Rajah 14-15).³⁹ Pembinaan *Qanat* yang berasal dari Parsi juga dilakukan oleh khalifah Umayyah dan membuka lembaran baru dalam sektor pertanian untuk membekalkan sumber air di kawasan yang jauh daripada sungai dan tali air (Rajah 16). *Qanat* juga dikenali dengan pelbagai nama di pelbagai negara seperti *Karez*, *falaj* dan *foggara*.⁴⁰ Pada zaman keemasan tamadun Islam, integrasi teknologi daripada tamadun lain giat dijalankan untuk mengangkat darjat sektor pertanian bagi menampung peningkatan penduduk dan urbanisasi. Pembinaan *Qanat* diperbanyak dan diperluaskan ke kawasan taklukan kerajaan Abbasiyah dan beberapa binaan masih kekal dan digunakan sehingga hari ini.

Rajah 14: Kincir air (*Naura*) di Hama, Syria)



Sumber: (Yannopoulos et al., 2015)

³⁷ Filyntiana Tenge, Zurinah Tahir dan Arvin Raj (2021), "Persepsi terhadap Penggunaan Teknologi Moden dalam Penanaman Kelapa Sawit," *Journal of Social Science and Humanities*, Jil. 18, Bil. 9, h. 176-194.

³⁸ Abdullah al-Qari bin Haji Salleh (2009), *Islam Penggerak Revolusi Pertanian*, Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, h. 305.

³⁹ Stavros I. Yannopoulos et al. (2015), "Evolution of water lifting devices (pumps) over the centuries worldwide," *Water*, Jil. 7, Bil. 9, h. 5031-5060.

⁴⁰ Meisha Hunter Burkett (2020), "Silent and unseen: stewardship of water infrastructural heritage," dalam Carola Hein (ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage*, Switzerland: Springer Nature, h. 21.

Rajah 15: Takul air (*Shaduf*)



Sumber: (Yannopoulos et al., 2015)

Rajah 16: Saluran bawah tanah dan pengambilan air dari pintu keluar *qanat*



Sumber: (Burkett, 2020)

Dalam pertanian moden, pengairan dilakukan menggunakan teknologi yang canggih dan kaedah pengairan yang lebih cekap tanpa bergantung kepada keadaan tanah dan pola hujan. Ini dapat menyumbang kepada pertanian jitu melalui peningkatan kecekapan penggunaan air dengan memastikan setiap tanaman menerima air yang mencukupi pada waktu yang tepat dan sesuai. Antara contoh teknologi yang digunakan ialah sistem pengairan automatik, dron, dan sensor kelembapan tanah manakala kaedah pengairan yang telah banyak menyumbang kepada pertanian ialah fertigasi (Rajah 17-20). Teknologi fertigasi merupakan pengurusan air dan baja yang digunakan dengan sangat meluas yang boleh meningkatkan kecekapan penggunaan sumber,⁴¹ menjimatkan usaha, wang, dan masa serta menggalakkan pembangunan pertanian yang mampan.⁴² Dalam usaha meningkatkan kecekapan dan produktiviti hasil pertanian, teknologi fertigasi digabungkan dengan IoT (internet kebendaan) yang dikenali sebagai fertigasi pintar. Penggunaan IoT dapat meningkatkan penghasilan, keuntungan yang mampan dan produk yang lebih berkualiti.⁴³

Rajah 17: Sensor kelembapan tanah



Sumber: (Mardika & Kartadie, 2019)

⁴¹ Ilaria Benedetti, Giacomo Branca, dan Raffaella Zucaro (2019), "Evaluating input use efficiency in agriculture through a stochastic frontier production: An application on a case study in Apulia (Italy)," *Journal of Cleaner Production*, Jil. 236, h. 117609.

⁴² Na Lin et al. (2020), "Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things," *Journal of Cleaner Production*, Jil. 277, h. 124119.

⁴³ Na Lin et al. (2020), "Fertigation management for sustainable precision agriculture," h. 124119.

Rajah 18: Drom penyiram air



Sumber: (Abdul Rasol, 2021)

Rajah 19: Sistem pengairan automatik



Sumber: (Anem, 2012)

Rajah 20: Kaedah penanaman fertigasi



Sumber: (MShahrulnizam, 2017)

Pembiakan Aseks

Pembiakan merupakan proses biologi untuk menghasilkan organisma yang baru bagi tujuan perkembangan sesuatu organisma. Terdapat dua jenis pembiakan iaitu pembiakan seks dan pembiakan aseks. Perbezaan antara pertanian tradisional dan pertanian moden dari segi aspek pembiakan aseks ialah pertanian tradisional menggunakan kaedah pembiakan vegetatif manakala pertanian moden menggunakan kaedah kultur tisu. Persamaan antara kedua-dua kaedah tersebut ialah pembiakan yang dilakukan tidak memerlukan biji benih atau penghasilan spora untuk menghasilkan sesuatu tumbuhan serta memiliki kandungan genetik yang sama dengan induknya.

Dalam pertanian tradisional, pembiakan sesuatu tanaman dilakukan dengan menggunakan kaedah pembiakan vegetatif di mana kaedah tersebut merupakan sejenis pembiakan aseks dan menghasilkan tumbuhan baru daripada keratan pokok atau struktur pembiakan yang telah diubah suai (Rajah 21). Kaedah pembiakan ini menggunakan bahagian akar, batang dan daun untuk membiakkan tumbuhan yang mempunyai kandungan genetik yang sama seperti pokok asalnya.

Rajah 21: Kaedah penanaman vegetatif



Sumber: (Hossain et al., 2019)

Dalam pertanian moden, kaedah pembiakan sesuatu tanaman adalah dengan menggunakan kaedah kultur tisu yang merupakan suatu teknik pembiakan mikro yang melibatkan proses memisahkan sekolompok tisu kecil atau dikenali sebagai eksplan daripada sesuatu tumbuhan (Rajah 22).⁴⁴ Setelah itu, eksplan tersebut kemudian diletakkan dalam medium yang mengandungi nutrien dan hormon yang sesuai untuk menggalakkan pertumbuhan tanaman di luar organisma hidup. Kaedah kultur tisu merupakan kaedah yang telah digunakan secara meluas di seluruh dunia kerana memberi kelebihan terutamanya dalam meningkatkan kadar pembiakan dalam tumbuh-tumbuhan.⁴⁵ Berbanding penanaman tumbuhan secara tradisional, kaedah kultur tisu boleh menghasilkan tumbuhan yang mempunyai genetik sama dengan induknya pada bila-bila masa sahaja tanpa perlu bergantung terhadap keadaan persekitaran seperti tanah dan cahaya. Keadaan ini juga boleh mengawal penyakit berjangkit dalam tumbuhan, meningkatkan pengeluaran hasil tanaman yang sukar dijumpai, dan melindungi spesies tanaman yang terancam.⁴⁶

Selain itu, ia juga telah mendatangkan kelebihan dalam pengeluaran metabolit sekunder oleh tumbuhan.⁴⁷ Kaedah penanaman vegetatif memerlukan masa beberapa tahun untuk tumbuhan berkembang sehingga mencapai keadaan yang sesuai untuk mengeluarkan metabolit yang diperlukan. Perkara ini berlaku kerana keadaan tanah dan persekitaran yang tidak boleh dikawal.⁴⁸ Berbanding kaedah kultur tisu, tumbuhan cuma memerlukan tempoh yang singkat untuk mengeluarkan metabolit seterusnya dapat menghasilkan tanaman yang lebih sihat dan cepat berkembang dengan keadaan tanah dan persekitaran yang tidak terhad.⁴⁹ Justeru itu, perubahan kaedah penghasilan tanaman melalui pembiakan aseks daripada tradisional seperti penanaman vegetatif kepada moden seperti kultur tisu telah membawa perubahan yang besar terhadap dunia pertanian. Selain itu, ia juga menyumbang terhadap sektor ekonomi dalam tamadun manusia pada zaman kini dan masa hadapan dengan peningkatan pengeluaran hasil dalam tempoh yang singkat.

Rajah 22: Kultur tisu tumbuhan



⁴⁴ Fetrina Oktavia (2021), "Potensi Pemanfaatan Teknologi Kultur Jaringan Dalam Penyiapan Bahan Tanam Karet Unggul," *Warta Pusat Penelitian Karet*, Jil. 40, Bil. 2, h. 75-84.

⁴⁵ Omid Norouzi et al. (2022), "In vitro plant tissue culture as the fifth generation of bioenergy," *Scientific Reports*, Jil. 12, Bil. 1, h. 5038.

⁴⁶ Norouzi et al. (2022), "In vitro plant tissue culture," h. 5038.

⁴⁷ Hema Chandran et al. (2020), "Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds," *Biotechnology Reports*, Jil. 26, h. e00450.

⁴⁸ Wei Yue et al. (2016), "Medicinal plant cell suspension cultures: pharmaceutical applications and highyielding strategies for the desired secondary metabolites," *Critical Reviews in Biotechnology*, Jil. 36, h. 215-232.

⁴⁹ Yue et al. (2016), "Medicinal plant cell suspension cultures," h. 215-232.

Kesimpulan

Revolusi pertanian dalam tamadun Islam berdiri sebagai bukti kuasa transformatif siasatan saintifik, inovasi teknologi, dan amalan pertanian lestari. Penulisan ini telah meneroka pemacu utama, kesan, dan perubahan yang dibawa oleh revolusi ini. Pembangunan dan penyebaran sistem penanaman maju, ditambah dengan sumbangan saintifik para sarjana Islam, membawa kepada peningkatan produktiviti pertanian dan pengembangan penanaman di kawasan gersang. Selain itu, revolusi pertanian tamadun Islam terus relevan dengan pertanian moden, kerana tekniknya yang mampan dan cekap sejajar dengan pendekatan kontemporari seperti pertanian ketepatan dan pertanian pemuliharaan. Dengan memanfaatkan pelajaran revolusi ini, kita dapat meningkatkan pengurusan penanaman, memupuk inovasi teknologi, dan meningkatkan hasil pengeluaran, akhirnya berusaha ke arah penciptaan sistem pertanian yang berdaya tahan dan produktif untuk masa depan demi kemampanan tamadun ummah.

Rujukan

Abdul Rasol, Afeeqa Afeera (2021), "Dron bantu tingkat hasil, tambah pendapatan petani," diakses pada 26 Jun 2023, <https://selangorkini.my/2021/12/dron-bantu-tingkat-hasil-tambah-pendapatanpetani/>.

Ahmed, Sohaib, Khan, Peeral, Arain, Naheed dan Muhammad Younus, Uzma (2021), "The Economic Activities of Women at the Era of Prophet Muhammad Pbh," *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, Jil. 18, Bil. 18, 1164-1172.

Al-Hasan, Ahmad Y. dan Hill, Donald R. (1993), *Teknologi dalam sejarah Islam*, Bandung: Penerbit Mizan.

Al-Ishbili, Ibnu al-Awwam, Abu Zakariya Yahya ibnu Muhammad ibnu Ahmad al-Awwam, (1802), *Kitab al-Filaha*, Waqf Fund Indonesia, Foundation, Trans.

Al-Sā'ī, Ibn (2017), *Consorts of the caliphs: women and the court of Baghdad*, New York: New York University Press.

Amin, Samsul Munir (2009), *Sejarah peradaban Islam*, Jakarta: Amzah.

Anem, M. (2012), "Anim Agro Technology: Pengairan Titis vs Renjis," diakses pada 2 Julai 2023, <http://animhosnan.blogspot.com/2012/04/pengairan-renjis-vs-titis.html>.

Artz, Frederick B. (1980), *The Mind of the Middle Ages: An Historical Survey*, ed. ke-3, Chocago: University of Chicago Press.

Arwati, Sitti (2018), *Pengantar Ilmu Pertanian Berkelanjutan*, Makassar: Penerbit Inti Mediatama.

Atat, Aiman Yasin (2022), "Ibn Al-Baytar's Al-Mughni Fi Al-Tibb, Muslim Heritage," diakses pada 7 Mei 2023, <https://muslimheritage.com/ibn-al-baytar-al-mughni/>.

Avni, Gideon (2018), "Early Islamic irrigated farmsteads and the spread of qanats in Eurasia," *Water History*, Jil. 10, Bil. 4, 313-338.

Benedetti, Ilaria, Branca, Giacomo dan Zucaro, Raffaella (2019), "Evaluating input use efficiency in agriculture through a stochastic frontier production: An application on a case study in Apulia (Italy)," *Journal of Cleaner Production*, Jil. 236, 117609.

Burkett, Meisha Hunter (2020), "Silent and unseen: stewardship of water infrastructural heritage," dalam Carola Hein (ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage: Past, Present and Future*, Cham, Switzerland: Springer Nature.

Chandran, Hema, Meena, Mukesh, Barupal, Tansukh dan Sharma, Kanika (2020), "Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds," *Biotechnology Reports*, Jil. 26, e00450.

Sejarah, Perkembangan dan Revolusi Pertanian dalam Tamadun Islam serta Kaitannya dengan Zaman Moden
Chandrasekaran, B., Annadurai, K. dan Somasundaram, E. (2010), *A Textbook of Agronomy*, New Delhi: New Age International (P) Limited.

Cita, Insan (2022), “Mengenal Singkat Kitab Al-Filaha, Sumbangan Besar Dunia Islam untuk Pertanian Dunia,” diakses pada 18 Jun 2023, <https://belajartani.com/mengenal-singkat-kitab-alfilaha-sumbangan-besar-dunia-islam-untuk-pertanian-dunia/>.

Desmond, Donney Fred dan Taisin, Norjietta Julita (2018), “Pengetahuan Lokal dalam Pertanian Masyarakat Kadazandusun di Sabah,” *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, Jil. 3, Bil. 3, 122-130.

Enan, Mohammad Abdullah (2012), *Ibnu Khaldun: riwayat hidup dan karyanya*, Kuala Lumpur: Institut Terjemahan Negara Malaysia Berhad.

Fahd, Toufic (1996), “Botany and Agriculture,” dalam Roshdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, New York: Routledge.

Glick, Thomas F. (2005), *Islamic and Christian Spain in the early Middle Ages*, Leiden: Brill.

Haji Salleh, Abdullah al-Qari (2009), *Islam penggerak revolusi pertanian*, Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Hidayah, N. (t.t.), “Kepentingan Revolusi Pertanian,” diakses pada 28 April 2023, <https://www.slideshare.net/umieyhidayah/kepentingan-revolusi-pertanian>.

Hossain, Mohammed Aktar, Islam, Mohammed Ashraf, Azad, Mohammed Abul Kalam, Rahman, Mohammad Mahfuzur, Shumi, Wahhida dan Abdul Shukor, Nor Aini (2019), “Propagation of an Endangered Gymnosperm Tree Species (*Podocarpus neriifolius* D. Don.) by Stem Cuttings in Non-mist Propagator,” *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, Jil. 42, Bil. 1, 237-250.

Iskandar, Johan (2006). “Metodologi Memahami Petani Dan Pertanian,” *Jurnal Analisis Sosial*, Jil. 11, 171-211.

Khaldun, Ibn (1967), *The Muqaddimah: An Introduction to History*, Franz Rosenthal (terj.), Princeton: Princeton University Press.

Khuluq, Vindi Husnul, Syamsuri dan Lahuri, Setiawan bin (2020), “Perkembangan Pertanian Dalam Peradaban Islam: Sebuah Telaah Historis Kitab Al Filaha Ibnu Awwam,” *Tamaddun: Jurnal Sejarah dan Kebudayaan Islam*, Jil. 8, Bil. 1, 77-100.

Lin, Na, Wang, Xuping, Zhang, Yihao, Hu, Xiangpei dan Ruan, Junhu (2020), “Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things,” *Journal of Cleaner Production*, Jil. 277, 124119.

Mandzur, Ibn (1997), *Lisān al-Arab*, Juz 2 cet. ke-3, Beirut: Dar Sadir.

Mardika, Ardeana Galih, and Rikie Kartadie (2019), “Mengatur kelembaban tanah menggunakan sensor kelembaban tanah yl-69 berbasis arduino pada media tanam pohon gaharu,” *JoEICT (Journal of Education And ICT)*, Jil. 3, Bil. 2, 130-140.

Meier, Gerald M. dan Rauch, James E. (2005), *Leading Issues in Economic Development*, New York: Oxford University Press.

MShahrulnizam (2017), “Fertigasi: Sistem Baja Guna Cara Titisan,” diakses pada 10 Julai 2023, <https://people.utm.my/mshahrulnizam/2017/12/28/fertigasi-sistem-baja-gunacara-titisan/>.

Muhammad, Nurdin. I., Yetty, Yetty dan Suar, Abi (2024), "Islamic economic concepts in the Umayyah, Abassiyah, and Ottoman empire based on historical approaches," *AICOS: Asian Journal of Islamic Economic Studies*, Jil. 1, Bil. 1, 54-67.

Nizamoglu, Cem (2010), "Gleanings from the Islamic Contribution in Agriculture," *Muslim Heritage*, diakses pada 18 April 2023, <https://muslimheritage.com/gleanings-islamic-contrib-agriculture/#ftn27>.

Nor, Zuhilmi Mohamed, Syed Hassan, Syed Najihuddin dan Zakaria, Nidzamuddin (2008), "Sumbangan ilmuwan Islam terpilih dalam sektor berkaitan pertanian," *Prosiding Seminar Kebangsaan Kecemerlangan Tamadun Islam Dalam Agro, Sains dan Teknologi*.

Norouzi, Omid, Hesami, Mohsen, Pepe, Marco, Dutta, Animesh dan Jones, Andrew Maxwell P. (2022), "In vitro plant tissue culture as the fifth generation of bioenergy," *Scientific Reports*, Jil. 12, Bil. 1, 5038.

Oktavia, Fetrina (2021), "Potensi Pemanfaatan Teknologi Kultur Jaringan dalam Penyiapan Bahan Tanam Karet Unggul," *Warta Pusat Penelitian Karet*, Jil. 40, Bil. 2, 75-84.

Scott, Samuel Parsons (2021), *History of the Moorish Empire in Europe*, London: Bloomsbury Academic.

Tenge, Filyntiana, Tahir, Zurinah and Raj, Arvin (2021), "Persepsi terhadap Penggunaan Teknologi Moden dalam Penanaman Kelapa Sawit," *Journal of Social Science and Humanities*, Jil. 18, Bil. 9, 176-194.

Wang, Keru, Xie, Ruizhi, Ming, Bo, Hou, Peng, Xue, Jun dan Li, Shaokun (2021), "Review of combine harvester losses for maize and influencing factors," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Jil. 14, Bil. 1, 1-10.

Watson, Andrew M. (1974), "The Arab agricultural revolution and its diffusion, 700-1100," *The Journal of Economic History*, Jil. 34, Bil. 1, 8-35.

Watson, Andrew M. (2008), *Agricultural innovation in the early Islamic world: the diffusion of crops and farming techniques 700-1100*, Cambridge: Cambridge University Press.

Weiss, Dieter (1995), "Ibn Khaldun on Economic Transformation," *International Journal of Middle East Studies*, Jil. 27, Bil. 1, 31-33.

Yannopoulos, Stavros I., Lyberatos, Gerasimos, Theodossiou, Nicolaos, Li, Wang, Valipour, Mohammad, Tamburrino, Aldo dan Angelakis, Andreas N. (2015), "Evolution of water lifting devices (pumps) over the centuries worldwide," *Water*, Jil. 7, Bil. 9, 5031-5060.

Yue, Wei, Ming, Qian-Liang, Lin, Bing, Rahman, Khalid, Zheng, Cheng-Jian, Han, Ting dan Qin, Lu-Ping (2016), "Medicinal plant cell suspension cultures: pharmaceutical applications and highyielding strategies for the desired secondary metabolites," *Critical Reviews in Biotechnology*, Jil. 36, 215-232.