



INTERNATIONAL JOURNAL OF
INNOVATION AND
INDUSTRIAL REVOLUTION (IJIREV)

www.ijirev.com



**SISTEM AKUAPONIK DARI SUDUT KESIHATAN KEPADA
MANUSIA: SATU KAJIAN LITERATUR**

*AQUAPONIC SYSTEM FROM A HUMAN HEALTH PERSPECTIVE: A
LITERATURE REVIEW*

Mohd Shafik Mohd Samsi^{1*}, Mohd Zuhaili Kamal Basir², Norliza Gerunsin³

¹ Fakulti Perladangan dan Agroteknologi, Universiti Teknologi MARA, Mukah, Malaysia

Email: shafik299@uitm.edu.my

² Academy of Contemporary Islamic Studies, Universiti Teknologi MARA, Mukah, Malaysia

Email: mohdz3506@uitm.edu.my

³ Fakulti Perladangan dan Agroteknologi, Universiti Teknologi MARA, Mukah, Malaysia

Email: norliza189@uitm.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 26.03.2023

Revised date: 30.04.2023

Accepted date: 31.05.2023

Published date: 27.06.2023

To cite this document:

Samsi, M. S. M., Basir, M. Z. K., & Gerunsin, N. (2023). Sistem Akuaponik Dari Sudut Kesihatan Kepada Manusia: Satu Kajian Literatur. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, 5 (13), 240-252.

DOI: 10.35631/IJIREV.513019

This work is licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Abstrak:

Sistem akuaponik yang menggabungkan ternakan haiwan akuatik dan tanaman sayuran merupakan satu teknologi akuakultur yang mempunyai banyak kebaikan. Ternakan dan tanaman yang digunakan dalam sistem ini saling bergantung antara satu sama lain dalam menghasilkan produk yang sihat dan bebas dari sebarang penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Sistem ini menggunakan sepenuhnya air sebagai media tanaman utama. Jika dilihat dalam pertanian konvensional yang menggunakan tanah sebagai media tanaman, terdapat beberapa masalah utama dalam kaedah tersebut antaranya berkenaan pencemaran tanah, kemerosotan kesuburan tanah, penggunaan racun dan bahan kimia yang berlebihan, dan isu berkenaan kebersihan produk yang dihasilkan. Ianya amat berbeza jika dibandingkan dengan sistem akuaponik yang menghasilkan produk dari sumber organik dan tidak berbahaya. Justeru objektif penulisan ini adalah untuk membincangkan dengan lebih jelas berkaitan penggunaan sistem akuaponik dan kelebihan yang boleh diperoleh dari sistem ini terutamanya dari sudut kesihatan kepada kehidupan manusia. Kaedah penulisan ini berbentuk kualitatif berasaskan kajian dan penyelidikan yang terdahulu menerusi dokumen dari koleksi jurnal, artikel ilmiah, tesis dan buku-buku yang berkaitan dengan perbincangan mengenai kebaikan sistem akuaponik. Hasil penulisan mendapati bahawa sistem akuaponik dapat memberikan kebaikan terhadap kesihatan melalui dua perspektif iaitu pandangan dari sudut tuntutan agama islam, dan dikuatkan dengan dapatan dari kajian saintifik. Sistem ini didapati selaras dengan tuntutan Islam dan maqasid

syariah dalam memelihara nyawa di mana kualiti penyelenggaraan dan air yang digunakan dalam sistem ini terhindar dari bahan-bahan tercemar dan menjamin tahap kebersihan hasil. Ianya diperkuatkan lagi dengan kajian saintifik yang menunjukkan bahawa hasil tumbuhan yang diperoleh dari sistem ini tidak terdedah kepada najis ikan atau patogen yang merbahaya kepada kesihatan manusia.

Kata Kunci:

Akuakultur, Akuaponik, Islam, Kesihatan, Manusia

Abstract:

Aquaponic system, which combines aquatic animal farming and vegetable cultivation, is a beneficial aquaculture technology. The aquatic animal and plants used in this system mutually depend on each other to produce healthy products that are free from any harmful chemical usage. In conventional agriculture, which utilizes soil as the growing medium, there are a number of significant issues. These include soil pollution, a decline in soil fertility, the excessive use of toxins and chemicals, and issues regarding the cleanliness of the goods that are produced. It is indeed significantly different when compared to aquaponic systems that produce organic and non-hazardous products. Therefore, the objective of this paper is to clarify the use of aquaponic systems and the benefits that can be obtained from this system, especially in terms of human health. This method of writing applies a qualitative approach based on previous studies and research conducted through the collection of journals, scientific articles, theses, and pertinent literature discussing the advantages of aquaponic systems. The results of the writing indicate that aquaponic systems can provide health benefits from two perspectives: Islamic religious requirements and supported by findings from scientific studies. This system is found to be in line with the requirements of Islam and the goals of Shariah in preserving life, as the quality of maintenance and the water used in this system are free from pollutants and ensure the cleanliness of the produce. This is then supported by scientific studies showing that the plant yields produced by this system are not exposed to fish waste or harmful pathogens that could be detrimental to human health.

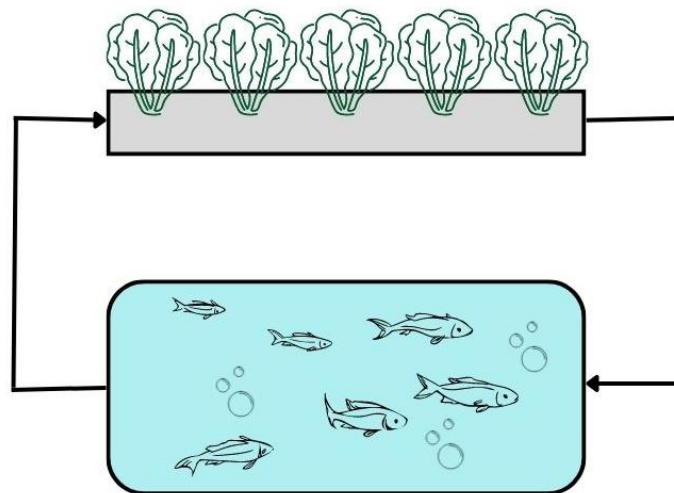
Keywords:

Aquaculture, Aquaponic, Health, Human, Islam

Pendahuluan

Akuakultur merupakan salah satu cabang dalam bidang pertanian. Pada masa kini, akuakultur dilihat antara komponen yang penting dalam pembangunan ekonomi negara Malaysia. Menurut Tuan Chan Foong Hin, iaitu Timbalan Menteri Pertanian dan Keterjaminan Makanan, sektor akuakultur terutamanya bagi ternakan ikan air tawar dan air marin dilihat mampu meningkatkan kadar sara diri dan pendapatan penternak itu sendiri (Zareen, 2023). Selain itu, sektor ini juga mampu mewujudkan 2,000 peluang pekerjaan dan menyasarkan pengeluaran sebanyak 15,000 tan metrik akuakultur air tawar menjelang tahun 2025. Bagi meningkatkan pengeluaran produk akuakultur, pelbagai teknologi telah dicipta dan diperkenalkan kepada pengusaha bidang tersebut. Antara teknologi akuakultur yang semakin dikenali pada masa ini adalah sistem akuaponik.

Sistem akuaponik adalah satu sistem penghasilan makanan yang menggabungkan ternakan haiwan akuatik dan tanaman tumbuhan hidroponik. Ianya menggunakan medium air sepenuhnya tanpa ada penggunaan tanah. Penggabungan dua komponen ini dalam satu sistem membolehkan hasil akuakultur seperti ikan dan hasil pertanian seperti sayur-sayuran dapat dituai secara serentak. Secara ringkasnya, dalam sistem akuaponik, sisa yang dihasilkan oleh ternakan haiwan akuatik akan bertukar menjadi nutrien dan seterusnya disalurkan kepada tanaman dalam sistem hidroponik. Kemudian, air yang melalui sistem hidroponik pula akan disalurkan semula ke dalam tangki ternakan haiwan akuatik di mana air tersebut telah ditingkatkan kualitinya selepas melalui beberapa sistem tapisan. Tanaman dari sistem hidroponik juga didapati menghasilkan oksigen yang akan digunakan oleh ternakan dalam sistem akuakultur.



Gambarajah 1: Sistem Akuaponik Yang Menggabungkan Sistem Ternakan Ikan Dan Tanaman Sayur-Sayuran Dalam Hidroponik

Selain itu, populariti sistem akuaponik juga didapati semakin meningkat sejak beberapa tahun kebelakangan ini. Ini disebabkan oleh makanan yang dihasilkan adalah berkualiti dan selamat untuk dimakan. Menurut Samsi dan lain-lain (2022), sistem ini didapati dapat memberi kebaikan dari segi kebersihan, keselamatan, kesihatan dan penjimatan. Sistem ini juga dapat digunakan dalam pelbagai persekitaran seperti di dalam rumah, di sekolah, di dalam pejabat, di institusi pengajian tinggi dan yang paling utama adalah ianya dapat dipraktikkan dengan hanya menggunakan ruang yang kecil.

Oleh kerana sistem akuaponik menggunakan air sebagai media utama, sayur-sayuran seperti bayam, kangkung, sawi, dan salad merupakan antara produk utama yang dapat dihasilkan melalui sistem ini. Sayur-sayuran yang dihasilkan didapati lebih besar dan lebih sihat daripada yang ditanam di dalam tanah. Jika dibandingkan dengan kaedah penanaman secara konvensional yang menggunakan tanah sebagai media utama, Mozafar (1993) menerusi kajian tinjauannya mendapati bahawa baja nitrogen sintetik yang digunakan dalam tanaman dapat mempengaruhi kandungan vitamin tumbuhan dengan ketara. Tinjauan global ini menemui bukti kukuh bahawa kadar penggunaan baja nitrogen yang tinggi telah mengurangkan kandungan vitamin C buah-buahan dan sayur-sayuran, yang merupakan sumber utama vitamin C dalam diet manusia. Walaupun tahap kehilangan vitamin C adalah berbeza untuk tanaman yang berbeza, penurunannya adalah agak ketara, iaitu sebanyak 34% pengurangan di dalam kubis dan 50% pengurangan di dalam buah-buahan (Montgomery & Biklé, 2021). Kandungan

vitamin C di dalam tanaman cenderung meningkat dengan penggunaan baja nitrogen yang rendah, manakala kadar penggunaan baja nitrogen yang tinggi mengurangkan tahap vitamin C dengan ketara. Baja nitrogen juga mengurangkan tahap vitamin E (Montgomery & Biklé, 2021).

Oleh yang demikian, adalah amat sesuai jika sistem akuaponik ini dijadikan sebagai alternatif bagi menghasilkan produk yang lebih sihat dan berkualiti. Justeru, bagi mencari penjelasan berkaitan teknologi sistem akuaponik, penulisan ini telah dijalankan untuk mengetahui lebih lanjut lagi mengenai kebaikan yang boleh diperoleh dari sistem ini berbanding dengan kaedah konvensional. Objektif utama penulisan yang dijalankan ini adalah untuk mengupas lebih lanjut lagi mengenai kebaikan sistem akuaponik dari aspek kesihatan kepada kehidupan manusia.

Sorotan Kajian

Terdapat tiga perkara utama yang akan dibincangkan dalam sorotan kajian bagi kertas kerja ini. Perkara yang akan dibincangkan ialah berkenaan dengan definisi sistem akuaponik, kelebihan sistem akuaponik dan masalah dalam pertanian konvensional.

Definisi Sistem Akuaponik

Sistem akuaponik adalah satu teknologi penghasilan sumber makanan yang menggabungkan sistem akuakultur dan sistem hidroponik dalam satu sistem bersepadu. Sistem yang menggunakan air sebagai media utama ini menghasilkan produk akuatik seperti ikan dan tanaman seperti sayuran secara serentak. Secara asasnya, terdapat tiga elemen utama dalam sistem akuaponik yang saling bertindak balas antara satu sama lain iaitu ikan, bakteria, dan tanaman. Ianya bermula dengan sistem ternakan akuatik seperti ikan di mana sisa buangan yang dihasilkan oleh ikan tersebut akan digunakan semula sebagai baja kepada tanaman di dalam sistem hidroponik (Goddek & lain-lain, 2018). Sisa buangan tersebut walaubagaimanapun akan bertindak balas terlebih dahulu bersama bakteria sebelum ditukar menjadi nitrat iaitu nutrien yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Nutrien tersebut seterusnya akan disalurkan dan diserap oleh tanaman dalam sistem hidroponik. Menurut Blidariu dan Grozea (2011), nutrien yang diserap oleh tumbuhan daripada sisa buangan ikan dapat memberikan impak yang sangat rendah kepada alam sekitar. Seterusnya, oksigen yang dihasilkan oleh tanaman dalam sistem hidroponik akan meningkatkan kualiti air dan dikembalikan semula ke dalam sistem tangki ternakan ikan. Kaedah kitaran semula air dalam sistem akuaponik ini menunjukkan kecekapan penggunaan semula air yang luar biasa iaitu sebanyak 95 hingga 99% (Dalsgaard & lain-lain, 2013). Dengan penggunaan air yang cekap dalam sistem akuaponik ini, ianya dapat menghasilkan produk yang lebih berkualiti dan sihat. Menurut Hamdy (2007), kualiti air adalah antara elemen yang sangat penting kerana kualiti air yang bagus dapat membantu dalam meningkatkan produktiviti.

Kelebihan Sistem Akuaponik

Terdapat banyak kelebihan yang boleh diperoleh dari sistem akuaponik. Antara kelebihannya adalah pengurangan ketara dalam penggunaan air jika dibandingkan dengan kaedah tanah tradisional untuk menanam tumbuhan terutamanya sayur-sayuran. Sistem ini juga didapati menghasilkan nutrien yang menggalakkan tumbesaran tumbuhan dan ikan. Contohnya, kajian yang dijalankan oleh Albadwawi dan lain-lain (2022) mendapati ketinggian, berat segar dan kering tumbuhan selasih di dalam sistem akuaponik meningkat dengan ketara jika dibandingkan dengan tumbuhan selasih ditanam menggunakan sistem tanah konvensional.

Peningkatan ini mungkin disebabkan oleh baja tambahan daripada sisa ikan yang terhasil di dalam sistem akuaponik. Penemuan lanjut mendapati komposisi biokimia tumbuhan selasih menunjukkan kandungan protein yang lebih tinggi di dalam sistem akuaponik berbanding sistem tanah konvensional.

Selain itu, hasil pengeluaran tumbuhan dari sistem akuaponik didapati tidak menggunakan sebarang baja buatan dan bebas daripada antibiotik, racun perosak dan racun rumpai (Yildiz & lain-lain, 2019). Penggunaan sistem akuaponik membolehkan bahan kimia yang mahal digantikan dengan makanan ikan yang lebih murah. Ini membawa kepada penjimatan kos yang ketara berbanding penternakan tradisional, yang memerlukan lebih banyak wang dan menggunakan baja dan bahan kimia bahaya yang mencemari tanaman dan berbahaya kepada pengguna (Kulkarni & lain-lain, 2019).

Kajian juga mendapati bahawa bahagian tumbuhan yang boleh dimakan dari sistem ini tidak pernah terdedah kepada najis ikan. Menurut Erickson (2012), pemindahan patogen ke dalam tumbuhan dalam sistem akuaponik tidak mungkin akan berlaku kerana ianya memerlukan penyerapan melalui akar dan perkara tersebut tidak berlaku melalui penuaian secara semula jadi dalam sistem ini. Oleh itu, risiko kepada kesihatan manusia daripada najis ikan yang tercemar melalui penyerapan akar adalah minimum kerana hanya air yang bersih digunakan di dalam sistem akuaponik (Fox & lain-lain, 2012). Ianya disokong oleh González-Alanis dan lain-lain (2011) yang menyatakan bahawa dalam tempoh 20 tahun kebelakangan ini, tiada laporan sahih mengenai penyakit manusia akibat ikan akuaponik yang tercemar atau sayur-sayuran mentah dilaporkan.

Masalah Dalam Pertanian Konvensional

Kaedah pertanian konvensional secara asasnya menggunakan tanah sebagai media utama dan didapati ianya mempunyai implikasi yang memudaratkan terhadap alam sekitar. Selain memberi kesan negatif terhadap tumbesaran tanaman, pertanian konvensional juga memberi kesan terhadap ekosistem semula jadi, termasuk penggunaan air yang tinggi dan tidak cekap, penggunaan tanah yang luas, penggunaan baja, kemerosotan kesuburan tanah dan kehilangan biodiversiti (Killebrew & Wolff, 2010). Selain itu, penggunaan racun perosak dan racun rumpai yang bertoksik, baja kimia dan bahan-bahan kimia lain dalam tanaman konvensional juga menimbulkan risiko kesihatan dan alam sekitar yang besar (Chausali & Saxena, 2021).

Perkembangan pesat sistem pengeluaran tanaman untuk memenuhi peningkatan permintaan telah menyebabkan penggunaan beberapa racun perosak meningkat dengan ketara (Pierart & lain-lain, 2015; Hakeem, 2015). Transformasi agen toksik ini kepada organisma hidup lain menimbulkan ancaman yang serius (Sarwar, 2015). Kesihatan manusia boleh terjejas melalui pengambilan makanan yang terdedah dengan racun perosak atau menyedut udara yang tercemar (Al-Ahmadi, 2019). Selain itu, penggunaan racun perosak secara meluas telah merosakkan ekosistem akuatik dalam pelbagai cara, seperti larut lesap, hanyut, saliran, dan limpahan (Cerejeira & lain-lain, 2003). Bioakumulasi dan biomagnifikasi racun perosak di dalam pelbagai tisu ikan menimbulkan kebimbangan kesihatan manusia yang serius, kerana manusia merupakan pengguna akhir ikan yang tercemar (Chebbi & David, 2011). Pendedahan yang berkaitan dengan pengeluaran tanaman konvensional yang menggunakan penyemburan racun perosak, telah dikaitkan dengan peningkatan risiko beberapa penyakit termasuk penyakit Parkinson (Ntzani & lain-lain, 2013; Moisan & lain-lain, 2015; Van Maele-Fabry & lain-lain,

2013), diabetes jenis 2 (Starling & lain-lain, 2014; Dyck & lain-lain, 2013) dan kanser tertentu iaitu limfoma non-Hodgkin (Schinasi & Leon, 2014) dan leukemia atau limfoma kanak-kanak.

Metodologi Kajian

Penulisan ini menggunakan kaedah berbentuk kualitatif berasaskan analisis kajian dan penyelidikan yang terdahulu. Penelitian dilakukan menerusi dokumen dari koleksi jurnal, artikel ilmiah, tesis dan buku-buku yang berkaitan dengan perbincangan mengenai kebaikan sistem akuaponik. Kesemua maklumat yang diperoleh telah dianalisis secara deskriptif dan dirumuskan secara tematik.

Dapatan Kajian dan Perbincangan

Hasil dari penelitian dan perbincangan yang telah dijalankan, didapati bahawa sistem akuaponik dapat memberikan kebaikan kepada manusia, terutamanya dari aspek kesihatan melalui dua perspektif yang utama. Perspektif yang pertama adalah dari sudut pandangan Islam di mana ianya diperoleh melalui bacaan dan penelitian hadis dan dalil-dalil al-Quran. Penemuan tersebut pula dikuatkan lagi dengan perspektif yang kedua iaitu dapatan dari hasil kajian saintifik berkenaan kebaikan sistem akuaponik yang pernah dilakukan sebelum ini.

Sistem Akuaponik dan Kesihatan dari Perspektif Islam

Islam adalah agama fitrah yang menitikberatkan aspek kesihatan lahiriah dan batiniah. Ini jelas dapat dilihat menerusi penekanan terhadap maqasid syar'iyah iaitu memelihara nyawa (*Hifz al-Nafs*) dan memelihara akal (*Hifz al-Aql*). Kedua-dua indeks ini adalah dorongan kepada individu untuk menjaga keselamatan diri, keluarga dan orang sekeliling dari mudharat dan mufasadat. Aspek keselamatan ini berkaitan gaya kehidupan manusia terutama cara pemilihan, pengambilan, pengeluaran dan pemprosesan makanan dan minuman. Masalah yang hendak dipelihara dari gaya kehidupan ini adalah kesihatan. Kesihatan juga adalah salah satu tuntutan ajaran Islam dalam merangsang kecerdasan minda dan jasad bagi menjalani ibadah dan tanggungjawab sebagai khalifah Allah di muka bumi ini (Aris & lain-lain, 2020). Perkara ini ditegaskan Allah SWT menerusi firmanNya:

﴿كُلُوا وَاشْرَبُوا هَنِيئًا بِمَا أَسْلَفْتُمْ فِي الْأَيَّامِ الْخَالِيَةِ﴾

Maksudnya, “Makan dan minumlah kamu sebagai nikmat yang lazat dan baik kesudahannya, dengan sebab (amal-amal soleh) yang telah kamu kerjakan pada hari-hari yang lalu (di dunia).” (al-Quran. Al-Haqqah: 24).

Ayat di atas menunjukkan gaya pemakanan manusia akan menentukan nasib baik dan buruk mereka di akhirat kelak. Setiap sumber rezeki yang diperolehi dan dimanfaatkan akan diperhitungkan dan dipersoalkan Allah SWT di hari pembalasan. Justeru itu, mana-mana sumber makan-minum yang membahayakan kesihatan dan keselamatan amat ditegah sama sekali. Pencegahan ini bagi memastikan sekuriti makanan dan kualiti kesihatan manusia terus dijaga, seterusnya membendung sebarang bentuk penyakit dan wabak (Aris & Ab Rahman, 2011; Mohamed & Shafiai, 2021). Saranan ini sesuai dengan Firman Allah SWT yang bermaksud:

“Dan janganlah kamu sengaja mencampakkan diri kamu dalam bahaya kebinasaan.” (al-Quran. Al-Baqarah: 195).

Menerusi ajaran Islam, aspek kesihatan makan dan minum termasuk dalam kategori *toyyibah* dan menjadi keutamaan (*awlawiyyat*) dalam kehidupan manusia. Kategori ini merangkumi aspek kesihatan, kebersihan dan keselamatan. Islam begitu jelas dalam menyenaraikan kriteria makanan dan minum yang baik lagi bersih dan sebaliknya (Mohamed & Shafiai, 2021). Makanan dan minuman itu merangkumi kurniaan Allah SWT di laut dan didarat bagi manfaat manusia sejagat. Firman Allah SWT:

﴿وَيُجِلُّ لَهُمُ الطَّيِّبَاتِ وَيُحَرِّمُ عَلَيْهِمُ الْخَبَائِثَ﴾

Maksudnya, “Dan menghalalkan bagi mereka benda yang baik dan mengharamkan kepada mereka segala benda yang buruk.” (al-Quran. Al-‘Araf: 157).

﴿وَقَدْ فَصَّلَ لَكُمْ مَا حَرَّمَ عَلَيْكُمْ إِلَّا مَا اضْطُرَّرْتُمْ إِلَيْهِ﴾

Maksudnya, “Dan sesungguhnya Allah telah menerangkan kepada kamu apa yang telah diharamkanNya ke atas kamu, kecuali apa yang terpaksa memakannya.” (al-Quran. Al-An’am: 119).

Akuaponik adalah salah satu sistem pertanian moden yang menggabungkan kaedah akuakultur dan hidroponik di mana hasil buangan ikan dijadikan agen pembajaan utama kepada tumbuhan bagi menggantikan tanah (Anjur & lain-lain, 2020). Sistem ini semakin meluas digunakan ketika musim pandemik Covid-19 ketika manusia berusaha menjalankan kawalan diri di rumah dan mengurangkan sesi interaksi bersemuka dengan orang sekeliling. Sistem akuaponik dianggap lebih mesra alam dan mudah untuk diselenggarakan. Ini kerana sisa yang dihasilkan oleh ikan akan diproses menjadi baja bagi menyuburkan tumbesaran sayur-sayuran. Oleh itu, penggunaan sistem ini berjaya menghasilkan dua produk sekaligus dan mengelakkan pembaziran sumber terutama sumber air. Ini sesuai dengan galakkan al-Quran untuk umat Islam berjimat dan tidak melampaui batas atau boros ketika menggunakan sumber alam kurniaan illahi (Mustafa & lain-lain, 2017). Firman Allah SWT:

﴿وَلَوْ بَسَطَ اللَّهُ الرِّزْقَ لِعِبَادِهِ لَبَغَوْا فِي الْأَرْضِ وَلَكِنْ يُنَزِّلُ بِقَدَرٍ مَا يَشَاءُ إِنَّهُ بِعِبَادِهِ خَبِيرٌ بَصِيرٌ﴾

Maksudnya, “Dan jikalau Allah SWT melapangkan rezeki kepada hamba-hamba-Nya tentulah mereka akan melampaui batas di muka bumi, tetapi Allah menurunkan apa yang dikehendaki-Nya dengan ukuran. Sesungguhnya Dia Maha mengetahui (keadaan) hamba-hamba-Nya lagi Maha Melihat.” (al-Quran. Asy-Syura: 27).

Selain itu, produk tanaman dan ikan yang terhasil dari sistem ini tidak mendatangkan mudharat kepada kesihatan manusia. Ini kerana sistem ini dianggap sebagai organik dan tidak menggunakan sebarang bentuk baja dan racun serangga. Justeru itu, hasil produk yang diperolehi juga terjamin kualiti kebersihan serta lebih sihat dan selamat untuk dijadikan sajian makanan. Sumber tumbuhan ini mendapat khasiat dan nutrien dari sisa ikan tanpa perlu ditambah sumber baja kimia buatan kilang (Connolly & Trebic, 2010). Kelebihan ini bersandarkan kebijaksanaan manusia dalam menggunakan akal untuk berfikir, mengkaji dan memanfaatkan sumber alam bagi menghasilkan sistem ini. Allah SWT sendiri menegaskan bahawa setiap kurniaanNya mempunyai keistimewaan dan fungsi masing-masing mengikut keperluan, kegunaan dan kemaslahatan manusia (Mustafa & lain-lain, 2017). Firman Allah SWT:

﴿أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا خَلَقْنَا لَهُمْ مِمَّا عَمِلَتْ أَيْدِينَا أَنْعَامًا فَهُمْ لَهَا مَالِكُونَ وَذَلَّلْنَاهَا لَهُمْ فَمِنْهَا رَكُوبُهُمْ وَمِنْهَا يَأْكُلُونَ وَلَهُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَمَشَارِبٌ أَفَلَا يَشْكُرُونَ﴾

Maksudnya, “*Tidakkah mereka melihat dan memikirkan, bahawa Kami telah menciptakan untuk mereka binatang-binatang ternak, di antara jenis-jenis makhluk yang telah Kami ciptakan dengan kekuasaan Kami lalu mereka memilikinya?*” ‘Dan Kami jinakkan dia untuk kegunaan mereka; maka sebahagian di antaranya menjadi kenderaan mereka, dan sebahagian lagi mereka makan.’ ‘Dan mereka beroleh berbagai faedah dan kegunaan pada binatang ternak itu dan juga beroleh minuman; maka mengapa mereka tidak mahu bersyukur?’ (al-Quran. Yasin: 71-73).

Berikutnya, sistem ini mampu menjaga ekosistem alam dan keseimbangan ekologi manusia. Penggunaan secara optimum sumber air, tanah dan tenaga dan mineral dapat menjamin keselamatan kesihatan manusia dan mengelakkan hakisan tanah yang mengundang bencana dan kiamat iklim di masa mendatang. Interaksi antara ekologi dan persekitaran manusia memberi kesan kepada peningkatan tahap kualiti kesihatan manusia. Sistem akuaponik misalnya berjaya mengurangkan eksploitasi sumber asli secara berlebihan dan memanfaatkan teknologi untuk mengubah kualiti kehidupan manusia. Teknologi sistem ini boleh mendukung kitaran semula bagi mengawal kadar pencemaran udara akibat aktiviti-aktiviti manusia yang tidak terancang. Perubahan iklim juga menjejaskan kesuburan tanaman dan mengurangkan penghasilan produk penanaman sebagai sumber khasiat makanan manusia. Penggunaan sistem ini boleh menampung keperluan manusia dan membina persekitaran hijau yang membekalkan oksigen di sekeliling rumah. Ia amat baik dan kondusif dalam menyokong peningkatan tahap kesihatan manusia dari aspek persekitaran dan pemakanan (Li & lain-lain, 2018). Firman Allah SWT:

﴿يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُبِينٌ﴾

Maksudnya, “*Wahai manusia! Makanlah dari sumber yang (halal) lagi baik (thoyyib) dari apa yang terdapat di bumi, dan jangan mengikuti langkah-langkah syaitan kerana sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu.*” (al-Quran. Al-Baqarah: 168).

Berdasarkan ayat di atas, kalimah *toyyibah* itu merujuk kepada sumber makanan yang memberi manfaat kesihatan serta kesejahteraan dari aspek jasad dan rohani. Sumber makanan itu mesti mempunyai nutrisi dan gizi yang seimbang mengikut keperluan setiap badan manusia. Pengambilan makanan bersumberkan bahan organik amat digalakkan bagi memelihara kesihatan dan mengelak dari sebarang bentuk penyakit yang kronik. Menjaga kesihatan juga adalah sebahagian tuntutan agama dan memberi kesan kepada kualiti ibadat seorang mukmin (Samsi & lain-lain, 2022).

Sistem Akuaponik dan Kesihatan berdasarkan Kajian Saintifik

Akuaponik yang merupakan gabungan antara sistem hidroponik dengan akuakultur, telah digunakan bagi menghasilkan produk yang memberikan keuntungan, memulihkan nutrien, dan meningkatkan kualiti air. Dalam sistem bersepadu ini, nutrien yang dikumuhkan secara langsung oleh ikan atau dihasilkan oleh penguraian sisa organik oleh mikroorganisma, akan diserap oleh tumbuhan yang ditanam secara hidroponik. Makanan ikan menjadi sumber nutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan tumbuhan. Apabila efluen akuakultur mengalir melalui komponen hidroponik sistem peredaran semula, metabolit sisa ikan disingkirkan melalui

proses nitrifikasi dan penyerapan terus oleh tumbuhan. Proses ini secara tidak langsung merawat air yang akan mengalir kembali ke komponen ternakan ikan untuk digunakan semula (Endut & lain-lain, 2009).

Ini disokong oleh beberapa dapatan kajian yang melaporkan bahawa sistem akuaponik mampu meningkatkan kualiti air kerana tumbuhan hidroponik dengan cekap menyerap sebatian terlarut dalam air kumbahan sebagai nutrien untuk tumbuhan. Dalam kajian yang dijalankan oleh Endut dan lain-lain (2009), mereka mendapati sistem peredaran semula akuaponik berjaya menyingkirkan keperluan oksigen biokimia (47–65%), jumlah pepejal terampai (67–83%), jumlah nitrogen ammonia (64–78%) dan nitrit-nitrogen (68–89%). Manakala, jumlah kadar penyingkiran fosforus dan nitrat-nitrogen masing-masing berbeza dari 43% hingga 53% dan 42% hingga 65%. Kepekatan jumlah ammonia nitrogen dalam efluen yang terakhir adalah agak rendah dalam kajian ini (2.3–3.9 mg/L), iaitu lebih rendah daripada kepekatan jumlah ammonia nitrogen yang disyorkan (3.0–6.7 mg/L) untuk penternakan ikan Keli Afrika (Eding & Kamstra, 2001). Purata kepekatan $\text{NO}_2\text{-N}$ dalam efluen (0.06–0.19 mg/L) juga berada di bawah had kepekatan $\text{NO}_2\text{-N}$ (0.4–1.5 mg/L) yang ditetapkan oleh Eding dan Kamstra (2001) bagi kegunaan ternakan ikan keli Afrika.

Selain itu, Snow dan Ghaly (2008) mendapati penanaman barli menggunakan sistem akuaponik dapat mengurangkan kepekatan jumlah sulfur sebanyak 27.4% dan 52.7%, 59.4% dan 60.5% daripada air ternakan ikan Arctic Charr dalam sampel kawalan dan juga dalam bahagian yang mengandungi barli sebanyak 200, 250 dan 300 g/dulang. Satu lagi kajian yang melibatkan tanaman barli dan ternakan ikan tilapia melaporkan pengurangan $\text{NO}_2\text{-N}$ sebanyak 98.1% dan pengurangan $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ di antara 91.8% hingga 93.6% daripada air kumbahan ikan tilapia (Ghaly & lain-lain, 2005).

Berdasarkan kajian-kajian yang telah dijalankan, tumbuhan yang ditanam menggunakan sistem akuaponik juga selamat dimakan. Antaranya adalah kajian yang dijalankan oleh Pérez-Urrestarazu dan lain-lain (2019) yang melaporkan kandungan nitrat yang didapati pada salad roman, chard swiss dan kangkung kerinting adalah sebanyak 613, 2387.8 dan 1425.4 mg kg⁻¹. Kadar ini masih berada di bawah had yang ditetapkan di dalam peraturan sedia ada oleh Suruhanjaya Eropah. Malahan, ianya juga berada dalam julat nilai yang didapati pada sayur-sayuran yang sama yang ditanam secara konvensional (Pérez-Urrestarazu & lain-lain, 2019).

Banyak spesies bakteria, termasuk koliform, sememangnya terdapat dalam sistem akuaponik disebabkan oleh sifat komponen bioturasan semula sistem (Hollyer & lain-lain, 2009). Paras ini, bagaimanapun, secara konsisten jauh di bawah garis panduan yang dimulakan World Health Organization yang disyorkan iaitu 103 MF/100 mL (World Health Organization, 1989).

Tambahan pula, air akuaponik mengandungi bahan organik yang boleh menggalakkan pembiakan dan pertumbuhan bakteria heterotrofik dalam sistem atau bahkan meningkatkan pertumbuhan dan daya maju tumbuhan secara langsung. Manakala di dalam hidroponik organik (iaitu penggunaan pembajaan organik dan media tumbuhan organik), bakteria ini boleh bertindak sebagai agen antagonis atau sebagai elisitor pertahanan tumbuhan untuk melindungi tumbuhan daripada penyakit (Stouvenakers & lain-lain, 2019).

Bayam air yang ditanam menggunakan sistem peredaran semula akuaponik dalam medium kerikil, dibekalkan dengan nutrien yang terdapat dalam air sisa akuakultur, didapati tumbuh

secara normal dan sihat. Ini menunjukkan bahawa tiada kekurangan mineral yang utama atau ketoksikan berlaku dari air sisa akuakultur (Endut & lain-lain, 2009).

Bukan itu sahaja, kajian ke atas daging mentah ikan tilapia yang baru dituai daripada sistem akuaponik menunjukkan tiada *E. coli* O157:H7 atau *Salmonella* dikesan, walaupun koliform tahi dan *E. coli* generik boleh dikesan di dalam semua kandungan sistem air (Fox & lain-lain, 2012). Selain itu, Fox dan lain-lain (2012) mendapati 48 sampel tisu hasil akuaponik termasuk timun, salad, bit, tomato, beri biru, selada air, bawang hijau dan pak choi yang berasal dari 11 ladang yang berbeza di sekitar negeri Hawaii mempunyai tahap *E. coli* generik yang rendah, atau tiada penemuan patogen *E. coli* O157:H7 dan *Salmonella*.

Penutup

Secara keseluruhannya, sistem akuaponik didapati memberikan banyak kebaikan kepada manusia terutamanya dari sudut kesihatan. Dalam dunia yang semakin mencabar dan peningkatan bilangan populasi manusia pada masa ini, adalah amat penting untuk menghasilkan sesuatu yang dapat digunakan oleh semua lapisan masyarakat dengan menggunakan kos yang minima. Sistem ini juga mampu dibangunkan tanpa menggunakan ruangan yang besar sama ada di rumah, di pejabat, di sekolah ataupun di institusi pengajian tinggi. Tanpa menggunakan sebarang bahan kimia yang merbahaya, sistem akuaponik dilihat mampu memberikan hasil haiwan akuatik seperti ikan tilapia dan tumbuhan seperti sayur sawi yang sihat kepada manusia. Pengambilan makanan yang sihat dapat meningkatkan taraf kesihatan manusia disamping menjamin kehidupan yang lebih berkualiti. Justeru itu, kajian literatur ini membina korpus ilmu baru dalam bidang akuakultur dengan mengetengahkan keupayaan sistem akuaponik sebagai alternatif sistem penghasilan sumber makanan yang bersifat fleksibel dan ekonomis. Sistem ini berpotensi dalam meningkatkan tahap kesihatan manusia menerusi pengambilan sumber makanan yang organik. Situasi ini secara tidak langsung membantu mengurangkan kadar pencemaran dan memaksimumkan penggunaan tanah untuk aktiviti pembinaan penempatan dan kegiatan logistik. Selain itu, kajian ini juga dapat membantu Kementerian Kesihatan Malaysia dalam membina pelan cadangan pengambilan makanan organik berasaskan sistem yang mesra alam sekitar dalam usaha mengekang penyakit-penyakit kronik di masa akan datang. Diharap kajian ini boleh dilanjutkan lagi melalui perbincangan mengenai cabaran sistem akuaponik untuk menjamin bekalan sekuriti makanan terutama isu kecukupan sumber makanan dalam berhadapan dengan kiamat iklim pada 2040.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih khasnya kepada Konferensi Antarabangsa Sains, Etika dan Peradaban kali Ke-2 (KonSEP 2023) yang menjadi medium untuk kertas kerja ini dibentangkan dan membantu dalam proses penerbitan.

Rujukan

- AL-Ahmadi, M. S. (2019). Pesticides, anthropogenic activities, and the health of our environment safety. In *Pesticides-use and misuse and their impact in the environment*: IntechOpen.
- Albadwawi, M. A., Ahmed, Z. F., Kurup, S. S., Alyafei, M. A., & Jaleel, A. (2022). A comparative evaluation of aquaponic and soil systems on yield and antioxidant levels in basil, an important food plant in Lamiaceae. *Agronomy*, 12(12), 3007.

- Anjur, N., Samsuri, M. S., Arif, T. A. M., & Halim, Z. A. A. (2020). *Potential of aquaponic system for the growth and production of strawberry (Fragaria sp.)*. Paper presented at the 3rd ICA Research Symposium (ICARS) 2020.
- Aris, N. M., & Ab Rahman, A. (2011). PELAKSANAAN DASAR SEKURITI MAKANAN DI MALAYSIA: KAJIAN DARIPADA PERSPEKTIF EKONOMI ISLAM: The Implementation of Food Security Policy in Malaysia: A Study from an Islamic Economics Perspective. *Jurnal Syariah*, 19(1), 39-62.
- Aris, N. M., Rameli, M. F. P., Mohamed, N., & Nordin, B. (2020). KEPENTINGAN MAKANAN DALAM MENJAMIN HIFZ AL-NAFS (The Important of Food To Ensure Hifz Al-Nafs). *Journal of Human Capital Development (JHCD)*, 13(2), 61-74.
- Blidariu, F., & Grozea, A. (2011). Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. *Animal science and biotechnologies*, 44(2), 1-8.
- Cerejeira, M., Viana, P., Batista, S., Pereira, T., Silva, E., Valério, M., Silva, A., Ferreira, M., & Silva-Fernandes, A. (2003). Pesticides in Portuguese surface and ground waters. *Water research*, 37(5), 1055-1063.
- Chausali, N., & Saxena, J. (2021). Conventional versus organic farming: Nutrient status. In *Advances in Organic Farming* (pp. 241-254). Elsevier.
- Chebbi, S. G., & David, M. (2011). Modulation in the protein metabolism under sublethal concentration of Quinalphos intoxication in the freshwater common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Int J Pharma Biol Arch*, 2, 1183-1189.
- Connolly, K., & Trebic, T. (2010). Optimization of a backyard aquaponic food production system. *Tesis PhD. Kanada: McGill University*.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. B. (2013). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural engineering*, 53, 2-13.
- Dyck, R., Karunanayake, C., Pahwa, P., Hagel, L., Lawson, J., Rennie, D., & Dosman, J. (2013). Prevalence, risk factors and co-morbidities of diabetes among adults in rural Saskatchewan: the influence of farm residence and agriculture-related exposures. *BMC Public Health*, 13(1), 1-11.
- Eding, E., & Kamstra, A. (2001). *Design and performance of recirculation systems for European eel and African catfish*. Paper presented at the Proc. AES Workshop, Orlando, FL.
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W., & Hassan, A. (2009). Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. *Desalination and water treatment*, 5(1-3), 19-28.
- Erickson, M. C. (2012). Internalization of fresh produce by foodborne pathogens. *Annual review of food science and technology*, 3, 283-310.
- Fox, B. K., Tamaru, C. S., Hollyer, J., Castro, L. F., Fonseca, J. M., Jay-Russell, M., & Low, T. (2012). A preliminary study of microbial water quality related to food safety in recirculating aquaponic fish and vegetable production systems.
- Ghaly, A., Kamal, M., & Mahmoud, N. (2005). Phytoremediation of aquaculture wastewater for water recycling and production of fish feed. *Environment international*, 31(1), 1-13.
- Goddek, S., Delaide, B. P., Joyce, A., Wuertz, S., Jijakli, M. H., Gross, A., Eding, E. H., Bläser, I., Reuter, M., & Keizer, L. P. (2018). Nutrient mineralization and organic matter reduction performance of RAS-based sludge in sequential UASB-EGSB reactors. *Aquacultural engineering*, 83, 10-19.

- González-Alanis, P., Gutierrez-Olguín, J. I., Castro-Segura, I., Ezqueda-Palacios, H., Acosta, M. H., Gojon-Báez, H. H., & Fitzsimmons, K. M. (2011). Food Safety Study of Leafy Green Irrigated with Tilapia Farm Effluents in Tamaulipas. In *Better Science, Better Fish, Better Life: Proceedings of the Ninth International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (pp. 121-122).
- Hakeem, K. R. (2015). Role of seed quality in improving crop yields. *Crop Production and Global Environmental Issues*.
- Hamdy, A. (2007). Water use efficiency in irrigated agriculture: an analytical review. *Water use efficiency and water productivity: WASAMED project*, 9-19.
- Hollyer, J., Tamaru, C., Riggs, A., Klinger-Bowen, R., Okimoto, D., Castro, L., Ron, T. B., Fox, B. K., Troegner, V., & Martinez, G. (2009). On-farm food safety: Aquaponics.
- Killebrew, K., & Wolff, H. (2010). *Environmental impacts of agricultural technologies*. In: Anderson, L., & Gugerty, M. K. (eds) *Evans school policy analysis and research*. University of Washington, Washington (pp. 1–18).
- Kulkarni, A. A., Dhanush, P., Chethan, B., Thamme, C., & Shrivastava, P. K. (2019). A Brief Study on Aquaponics: An Innovative Farming Technology. *Indian Journal of Science and Technology*, 12(48), 1-5.
- Li, C., Lee, C. T., Gao, Y., Hashim, H., Zhang, X., Wu, W.-M., & Zhang, Z. (2018). Prospect of aquaponics for the sustainable development of food production in urban. *Chemical Engineering Transactions*, 63, 475-480.
- Mohamed, M. I., & Shafiai, M. H. M. (2021). Sekuriti Makanan Berlandaskan Konsep Halalan Toyayiban: Analisis Dari Perspektif Maqasid Shariah. *Jurnal Hadhari*, 13(2), 221-243.
- Moisan, F., Spinosi, J., Delabre, L., Gourlet, V., Mazurie, J.-L., Bénatru, I., Goldberg, M., Weisskopf, M. G., Imbernon, E., & Tzourio, C. (2015). Association of Parkinson's disease and its subtypes with agricultural pesticide exposures in men: a case-control study in France. *Environmental health perspectives*, 123(11), 1123-1129.
- Montgomery, D. R., & Biklé, A. (2021). Soil health and nutrient density: beyond organic vs. conventional farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 417.
- Mozafar, A. (1993). Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: A review. *Journal of plant nutrition*, 16(12), 2479-2506.
- Mustafa, Z., Tasir, S. F., Junoh, N., & Zakaria, N. H. (2017). The Etiquettes of Agriculture in Islam. *Journal of Contemporary Social Science Research*, 2(1), 28-28.
- Ntzani, E. E., Ntritsos G, C. M., Evangelou, E., & Tzoulaki, I. (2013). Literature review on epidemiological studies linking exposure to pesticides and health effects. *EFSA Supporting Publications*, 10(10), 497E.
- Pérez-Urrestarazu, L., Lobillo-Eguíba, J., Fernández-Cañero, R., & Fernández-Cabanás, V. M. (2019). Food safety concerns in urban aquaponic production: Nitrate contents in leafy vegetables. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126431.
- Pierart, A., Shahid, M., Séjalon-Delmas, N., & Dumat, C. (2015). Antimony bioavailability: knowledge and research perspectives for sustainable agricultures. *Journal of hazardous materials*, 289, 219-234.
- Samsi, M. S. M., Basir, M. Z. K., & Gerunsin, N. (2022). Significant Use Of The Aquaponics System From An Islamic Perspective: Signifikan Penggunaan Sistem Akuaponik Dari Perspektif Islam. *al-Qanatir: International Journal of Islamic Studies*, 28(2), 32-37.
- Sarwar, M. (2015). The dangers of pesticides associated with public health and preventing of the risks. *International Journal of Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 1(2), 130-136.

- Schinasi, L., & Leon, M. E. (2014). Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 11(4), 4449-4527.
- Snow, A., & Ghaly, A. E. (2008). Use of barley for the purification of aquaculture wastewater in a hydroponics system.
- Starling, A. P., Umbach, D. M., Kamel, F., Long, S., Sandler, D. P., & Hoppin, J. A. (2014). Pesticide use and incident diabetes among wives of farmers in the Agricultural Health Study. *Occupational and environmental medicine*, 71(9), 629-635.
- Stouvenakers, G., Dapprich, P., Massart, S., & Jijakli, M. H. (2019). Plant pathogens and control strategies in aquaponics. *Aquaponics food production systems*, 353-378.
- Van Maele-Fabry, G., Hoet, P., & Lison, D. (2013). Parental occupational exposure to pesticides as risk factor for brain tumors in children and young adults: a systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 56, 19-31.
- World Health Organization. (1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: report of a WHO scientific group [meeting held in Geneva from 18 to 23 November 1987]*: Technical Report Series, No. 778, World Health Organization.
- Yildiz, H. Y., Radosavljevic, V., Parisi, G., & Cvetkovikj, A. (2019). Insight into risks in aquatic animal health in aquaponics. *Aquaponics food production systems*, 435.
- Zareen Humairah Sejahan. (2023, 15 Mac). Parlimen: 2,000 peluang pekerjaan dalam sektor akuakultur air tawar. *Utusan Malaysia Online*. Bahan diakses pada 14 April 2023, daripada <https://www.utusan.com.my/nasional/2023/03/2000-peluang-pekerjaan-dalam-sektor-akuakultur-air-tawar/>