



KERANGKA KERJA BERASASKAN INTERNET PELBAGAI BENDA (IPB) BAGI INDUSTRI GULA APONG

INTERNET OF THINGS-ENABLED FRAMEWORK FOR GULA APONG INDUSTRY

Shafrida Sahrani^{1*}, Dyg Norkhairunnisa Abang Zaidel², Dayang Azra Awang Mat², Kismet Anak Hong Ping², Johari Abdul Karim², Mohamad Hanif Md Saad³

¹ Institute of Visual Informatics, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Email: shafrida@ukm.edu.my

² Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sarawak, Malaysia
Email: azdnorkhairunnisa@unimas.my, amdazra@unimas.my, hpkismet@unimas.my, akjohari@unimas.my

³ Faculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Email: hanifsaad@ukm.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 25.07.2023

Revised date: 15.08.2023

Accepted date: 07.09.2023

Published date: 24.09.2023

To cite this document:

Sahrani, S., Zaidel, D. N. A., Mat, D. A. A., Hong Ping, K., Karim, J. A., & Saad, M. H. M. (2023). Kerangka Kerja Berasaskan Internet Pelbagai Benda (IPB) Bagi Industri Gula Apong. *Journal of Information System and Technology Management*, 8 (32), 82-98.

DOI: 10.35631/JISTM.832006

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



Abstrak:

Sektor pertanian makanan kini bergerak ke arah pemodenan dengan menggunakan Internet Pelbagai Benda (IPB) untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat. Oleh itu, matlamat artikel ini adalah untuk mereka bentuk kerangka kerja terbantu IPB untuk rangkaian bekalan gula apong bagi meningkatkan pembangunan ekonomi industri desa. Ini termasuk peranti IPB, protokol rangkaian, teknologi pemprosesan data, platform dan antara muka pengguna untuk menyokong pengeluaran gula apong dan pihak berkepentingan lain. Artikel ini boleh menjadi titik permulaan untuk mewujudkan kerangka kerja terbantu IPB bagi industri gula apong untuk merapatkan jurang bekalan-permintaan dengan memastikan hasil yang tinggi, keuntungan, dan pemeliharaan alam sekitar, di samping meningkatkan kehidupan masyarakat setempat dengan menyediakan perkhidmatan yang mampan.

Kata Kunci:

Internet Pelbagai Benda, Gula Apong, Industri Desa, Pertanian Makanan, Sistem Pintar

Abstract:

The agri-food sector is now moving towards modernization by using the Internet of Things (IoT) to meet the growing demand. Therefore, the aim of this research work is to design an IoT-enabled framework to assist the gula apong industry and supply chain to enhance rural economic development. This includes IoT devices, network protocols, data processing, platforms, and user interfaces to support gula apong producers and other stakeholders. This research can be a starting point to create an IoT-enabled framework to help the gula apong industry bridge the supply-demand gap by ensuring high yield, profitability, and environmental protection while improving the lives of local communities by providing sustainable services.

Keywords:

Internet Of Things, Gula Apong, Rural Industry, Agri-Food, Smart System

Pengenalan

Gula apong yang terkenal di Sarawak adalah sejenis gula yang berasal daripada pokok nipah. Pokok-pokok nipah ini tumbuh semula jadi dan banyak didapati di hutan bakau sepanjang kawasan pantai di seluruh Sarawak (Sahari et al., 2018; Vicky Fong, 2022). Pada 2021, Sarawak mengeksport sejumlah RM1.93 juta produk gula apong, menghasilkan pendapatan RM3.38 juta dalam pasaran domestik (Natasha Jee, 2022). Kini, gula apong mendapat permintaan tinggi kerana banyak digunakan dalam penyediaan makanan dan minuman seperti aiskrim, teh susu, pencuci mulut tradisional seperti celorot, penyaram dan lain-lain lagi. Gula apong dianggap lebih sihat daripada gula putih atau perang kerana tiada bahan kimia digunakan, dan lebih kaya dengan vitamin dan mineral, menjadikannya lebih popular di kalangan isi rumah (Abdullah et al., 2022). Sehubungan itu, kerajaan negeri Sarawak menyasarkan untuk meningkatkan pengeluaran, penggunaan dan pemasaran gula apong, baik untuk pasaran tempatan mahupun luar negara sebagai inisiatif untuk mewujudkan aktiviti ekonomi kepada pengusaha tempatan (Goh Pei Pei, 2021).

Pendigitalan dan teknologi baharu telah memasuki sektor pertanian makanan, walaupun penerimaan dan penggunaannya masih dalam peringkat awal. Ianya juga telah mendapat perhatian dan telah dilaksanakan dalam pelbagai cara, terutamanya di kawasan bandar. Transformasi digital dalam sektor pertanian makanan bukan sahaja dapat meningkatkan produktiviti, tetapi juga dapat mengurangkan beberapa masalah global seperti perubahan iklim dan kehilangan biodiversiti (Kosior, 2018). Teknologi seperti Internet Pelbagai Benda (IPB), pengkomputeran awan, pembelajaran mesin, data analitik, kecerdasan buatan dan lain-lain boleh menganalisa maklumat dan data secara masa nyata sekaligus memberi manfaat kepada sektor rantai pertanian makanan (Guo et al., 2023; Konfo et al., 2023). Sektor pertanian makanan bagi industri desa, bagaimanapun, masih kurang mendapat perhatian kerana memerlukan pelaburan yang besar, ketersediaan rangkaian, dan kekurangan pengetahuan tentang teknologi terkini. Perusahaan pertanian makanan bagi industri desa perlu diperkenalkan dengan cara yang terancang dan lebih sistematik.

Penggunaan teknologi pintar perlu dimanfaatkan bagi membangunkan industri penghasilan gula apung secara besar-besaran untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat (Huiggy & Kikolashvili, 2018). Pendekatan tradisional untuk menghasilkan gula apung boleh diubah sepenuhnya dengan menggunakan teknologi IPB. Teknologi pintar IPB merupakan rangkaian peranti yang saling berkaitan yang mengumpul, menganalisis dan menghantar data melalui internet tanpa interaksi manusia. Dengan teknologi ini, sebagai contoh, ia boleh digunakan untuk memantau pertumbuhan pokok nipah dari jauh dan mengambil langkah pencegahan untuk mengesan kerosakan dan ancaman tanaman. IPB juga boleh memantau kualiti gula apung semasa penyediaan, pemprosesan, penyimpanan dan pembungkusan, termasuk pemasaran dan jualan. Penggunaan IPB dapat menambah baik pendekatan semasa dengan menjana peluang baharu dalam ekonomi digital disamping membuka peluang pekerjaan dan perniagaan kepada golongan muda (Adib Povera & Ayisy Yusof, 2021; Sakhno et al., 2019; Williams, 2021).

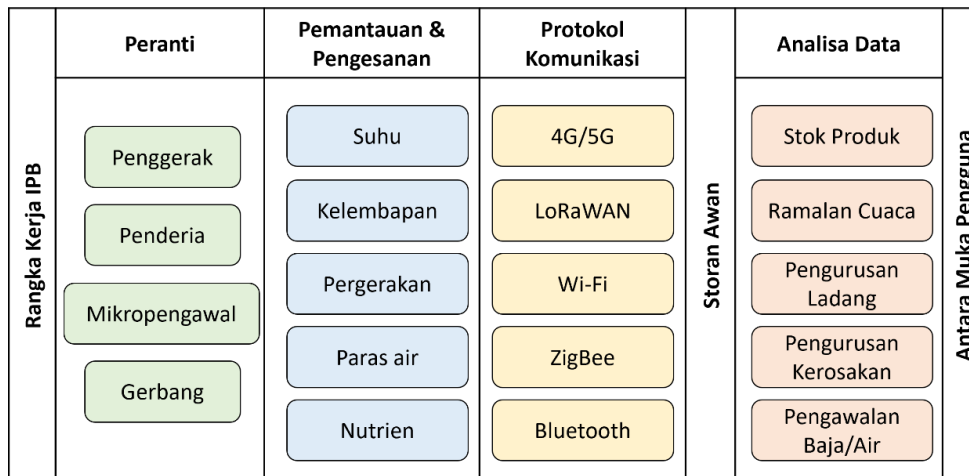
Artikel ini akan membincangkan kerangka kerja teknologi IPB yang boleh digunakan untuk bekalan rantai perusahaan gula apung. Bahagian seterusnya membincangkan transformasi digital melalui teknologi IPB dalam sektor pertanian makanan. Bahagian tiga membincangkan kerangka kerja dan bagaimana teknologi IPB dapat digunakan dalam perusahaan gula apung. Cabaran teknologi IPB dalam perusahaan gula apung juga dikupas dalam bahagian empat.

Peranan IPB Dalam Sektor Pertanian Makanan

Sektor pertanian makanan merupakan satu daripada beberapa sektor ekonomi yang boleh menjamin pendapatan negara. Oleh itu, sektor pertanian makanan perlu dikawal selia dengan teliti. Kerajaan dan juga pihak pemegangtaruh perlu mencari strategi untuk memaksimumkan pengeluaran pertanian makanan yang boleh menjamin keuntungan negara dan meningkatkan pendapatan petani, pengusaha dan pembekal (Kementerian Kewangan Malaysia, 2022). Antaranya dengan mengambil berat tentang keperluan dalam rantai bekalan dan memastikan peralatan dalam keadaan yang baik agar hasil pertanian makanan berjalan lancar. Ini termasuk mempertimbangkan penggunaan teknologi digital seperti IPB untuk menambah baik proses supaya dapat memenuhi permintaan pembekal import dan eksport dalam perniagaan pertanian makanan (Ayaz et al., 2019; Jaiganesh et al., 2017).

IPB merujuk kepada rangkaian peranti, penderia, perisian dan teknologi lain yang saling berkaitan yang mengumpul, menganalisis dan menghantar data dengan peranti dan sistem yang lain melalui internet (Fredrik Dahlqvist et al., 2019; Paul & Jeyaraj, 2019). Rajah 1 menunjukkan ekosistem utama IPB. Secara umumnya, penderia dan penggerak dalam peranti IPB akan berinteraksi dengan mikropengawal, bertindak balas kepada keadaan sekeliling dan mengumpul data dari persekitaran dalam masa nyata. Antara contoh penderia yang sering digunakan bagi teknologi IPB adalah suhu, kelembapan, pergerakan, paras air dan nutrien. Data-data tersebut kemudiannya dihantar ke storan awan menggunakan gerbang IPB melalui protokol komunikasi seperti 4G/5G, LoRaWAN, Wi-Fi, ZigBee atau Bluetooth (Bayılmış et al., 2022). Penstoran awan akan mengurus, menyimpan dan membuat keputusan tentang data maklumat yang diterima. Data yang telah diproses, contohnya seperti stok produk, ramalan cuaca, pengurusan ladang, pengurusan kerosakan dan pengawalan baja/air boleh diakses dan diurus melalui antara muka pengguna yang membolehkan pengguna berkomunikasi dengan peranti pintar mereka (Wolfert & Isakhanyan, 2022).

Teknologi IPB dilihat dapat memberi manfaat yang besar kepada pengguna dalam pelbagai sektor terutamanya pertanian makanan. Teknologi ini merupakan lanjutan daripada teknologi internet dan memiliki potensi yang lebih baik serta mampu mengubah kehidupan seharian. Teknologi IPB dapat membantu negara beralih kepada industri berteknologi tinggi dan menjadi pemangkin ke arah negara maju dan berpendapatan tinggi. Antara kelebihan utama teknologi IPB dalam sektor pertanian makanan adalah meningkatkan kecekapan dan membolehkan pengusaha membuat keputusan yang tepat berdasarkan data analitik yang diperolehi oleh penderia dan peranti, mengurangkan kos operasi dan penyelenggaraan dengan melakukan pemantauan masa nyata secara jarak jauh dan menyepadukan operasi dan sistem pengurusan serta mengurangkan kebarangkalian ralat manusia (Dhanaraju et al., 2022; Farooq et al., 2019). Ini termasuklah pemantauan pengairan, perlindungan tanaman, jadual pembajaan, penyelenggaraan ladang, ramalan penyakit, logistik, operasi pemasaran dan penjualan dan lain-lain seperti dalam Rajah 2, seterusnya menjadikannya sebagai pertanian pintar dan mengembangkan lagi operasi perniagaan tani menjadi perniagaan pintar. Ini menjadikan sektor pertanian makanan lebih berdaya saing dan memberi impak positif kepada pengusaha pertanian makanan, pembekal dan pelanggan.



Rajah 1: Ekosistem Utama IPB



Rajah 2: Contoh Aplikasi IPB Untuk Sektor Pertanian Makanan

Jadual 1 menunjukkan contoh kajian yang menggunakan teknologi IPB bagi sektor perladangan dan pertanian makanan. Teknologi IPB ini berpotensi untuk mengintegrasikan sistem pemantauan, penjejakan, automasi dan analisa data pintar dalam pelbagai aplikasi.

Jadual 1 : Kajian Berkaitan Teknologi IPB Bagi Sektor Perladangan Dan Pertanian Makanan

| Rujukan | Peranti IPB | Protokol Komunikasi | Aplikasi IPB | | | | Penerangan |
|------------------------|---|---------------------|--------------|------------|----------|--------------|---|
| | | | Pemantauan | Penjejakan | Automasi | Analisa Data | |
| (Sadek et al., 2023) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia suhu, kelembapan, keamatan cahaya, jumlah pepejal terlarut Mikropengawal Arduino | Wi-Fi | √ | X | √ | √ | Sistem rumah hijau hidroponik dan aeroponik pintar untuk memantau keadaan cuaca secara automatik di dalam rumah hijau selaras dengan jenis dan musim tumbuhan |
| (Mathi et al., 2023) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia kelembapan tanah Mikropengawal ESP32 | Nod tanpa wayar | √ | X | √ | √ | Menggabungkan IPB dengan algoritma kecerdasan buatan (KNN) untuk memantau dan meramalkan jumlah air yang sesuai untuk pengairan tanaman |
| (Aarhi et al., 2023) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia suhu, kelembapan, pH, kekonduksian elektrik Mikropemprosesan Raspberry Pi dan mikropengawal Arduino | LoRaWAN, MQTT | √ | X | √ | √ | Sistem pintar untuk ramalan kesuburan tanah dan memantau pertumbuhan tanaman bayam |
| (Nagrle et al., 2023) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia suhu, kelembapan, asap/gas, pergerakan Mikropengawal ESP8266 | GSM | √ | √ | √ | X | Sistem pengesanan keadaan stor penyimpanan bijirin supaya kekal selamat dan bersih |
| (Bumanis et al., 2023) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia NH₃, CO₂ Mikropemprosesan Raspberry Pi dan mikropengawal Arduino | LoRa, MQTT | √ | X | √ | √ | Membangunkan modul untuk ramalan pengeluaran telur menggunakan penderia sedia ada pada platform Aihen |
| (Hossain et al., 2022) | <ul style="list-style-type: none"> Penderia kelembapan tanah, GPS/GLONASS | LoRaWAN | √ | √ | √ | √ | Sistem pemantauan kelembapan tanah menggunakan penderia yang ditanam |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|-------------------------|---|---|---|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Mikropemrosesan Raspberry Pi | | | | | | | dalam tanah sehingga 0.3m bagi mengelakkan kerosakan daripada operasi jentera pertanian |
| (M. A. Ahmed et al., 2022) | <ul style="list-style-type: none"> • Penderia suhu, kelembapan tanah, cuaca, tekanan, getaran, ultraviolet • Nod GPS-LoRa | LoRaWAN | √ | √ | √ | √ | | Sistem IPB berasaskan LoRa untuk penjejakan pergerakan di ladang dan pemantauau keadaan tanah. |
| (G. Ahmed et al., 2021) | <ul style="list-style-type: none"> • RFID • Penderia berasaskan giroskop, pecutan meter | Nod tanpa wayar | √ | √ | √ | √ | | Memantau data pergerakan ayam ternakan dan pra-menentukan kesihatan ayam dalam masa nyata |
| (Bhutta & Ahmad, 2021) | <ul style="list-style-type: none"> • Penderia suhu, kelembapan, GPS, GPRS, • Pengesan kod digital | Satelit | √ | √ | √ | √ | | Sistem penjejakan dan pengesanan logistik bagi bekalan pertanian makanan menggunakan teknologi IPB dan blok rantai |
| (S. Jaisankar et al., 2020) | <ul style="list-style-type: none"> • Penggera pagar dan perosak • Injap kawalan aliran • Penderia kelembapan tanah | GSM | √ | X | √ | X | | Kit pintar untuk memantau kerosakan ladang tanaman kelapa daripada haiwan liar dan perosak serta mengawal pengaliran air |
| (Geng et al., 2019) | <ul style="list-style-type: none"> • Mikropemrosesan Raspberry Pi dan cip Arduino • Penderia suhu, kelembapan, CO₂, inframerah, Cahaya • Kamera | TD-SCDMA | √ | √ | √ | √ | | Sistem mudah alih untuk pemantauan persekitaran rumah hijau |
| (N. Ahmed et al., 2018) | <ul style="list-style-type: none"> • Mikropemrosesan Raspberry Pi • Penderia kelembapan | 6LoWPAN-WSN, MQTT, COAP | √ | X | X | √ | | Membangunkan sistem komunikasi IPB yang boleh digunakan untuk kawasan luar bandar |

Pengusaha pertanian makanan khususnya bagi industri desa perlu memahami ekosistem IPB yang melibatkan proses pengeluaran hasil daripada ladang sehingga hasil akhir produk. Perancangan kerangka kerja yang teliti diperlukan berdasarkan tujuan, teknologi yang digunakan, keperluan kuasa, frekuensi data dan jenis penderia (Quy et al., 2022; Xu et al., 2022).

a. Tujuan dan hasil akhir produk

Kerangka kerja IPB perlu berdasarkan keperluan akhir pengguna yang akan mempengaruhi proses pengeluaran dan pemantauan hasil produk. Sebagai contoh, pengusaha tanaman sayuran seperti cili, timun dan sebagainya perlu mengawal pemberian baja dan kelembapan tanah untuk mendapatkan hasil tanaman yang optimum. Oleh itu, pengusaha tanaman boleh menempatkan penderia suhu, masa dan kelembapan untuk memastikan kuantiti baja, paras air dan kelembapan tanah adalah sesuai dengan jenis tanaman dan skala ladang (Verdouw et al., 2019).

b. Teknologi

Jarak dan keluasan ladang memainkan peranan penting dalam pemilihan teknologi IPB terutamanya protokol komunikasi kerana penderia mengumpul data dan dihantar ke penstoran awan untuk diproses. Teknologi yang sama tidak dapat digunakan jika jarak tanaman dan keluasan ladang adalah berbeza-beza. Contohnya, teknologi komunikasi medan dekat (NFC) hanya sesuai untuk berkomunikasi dengan peranti dalam lingkungan jarak 4 sentimeter sahaja manakala teknologi rangkaian kawasan luas (LPWAN) kuasa rendah boleh menghantar data kepada penderia melalui julat yang lebih panjang sehingga 10 kilometer (Shanmuga Sundaram et al., 2020).

c. Keperluan Kuasa dan Frekuensi Data

Penggunaan dan penghantaran data yang banyak dan kerap daripada penderia IPB memerlukan penggunaan kuasa yang tinggi. Kos juga akan meningkat sekiranya jarak ladang tanaman yang luas. Oleh itu, pereka bentuk IPB perlu mempertimbangkan untuk membangunkan sistem teknologi yang kos efektif seperti menghantar data secara berkala (Martinez et al., 2015). Bilangan penderia dan data paket yang akan digunakan perlu diambil kira untuk aplikasi IPB berfungsi secara berterusan dalam masa nyata.

d. Penderia

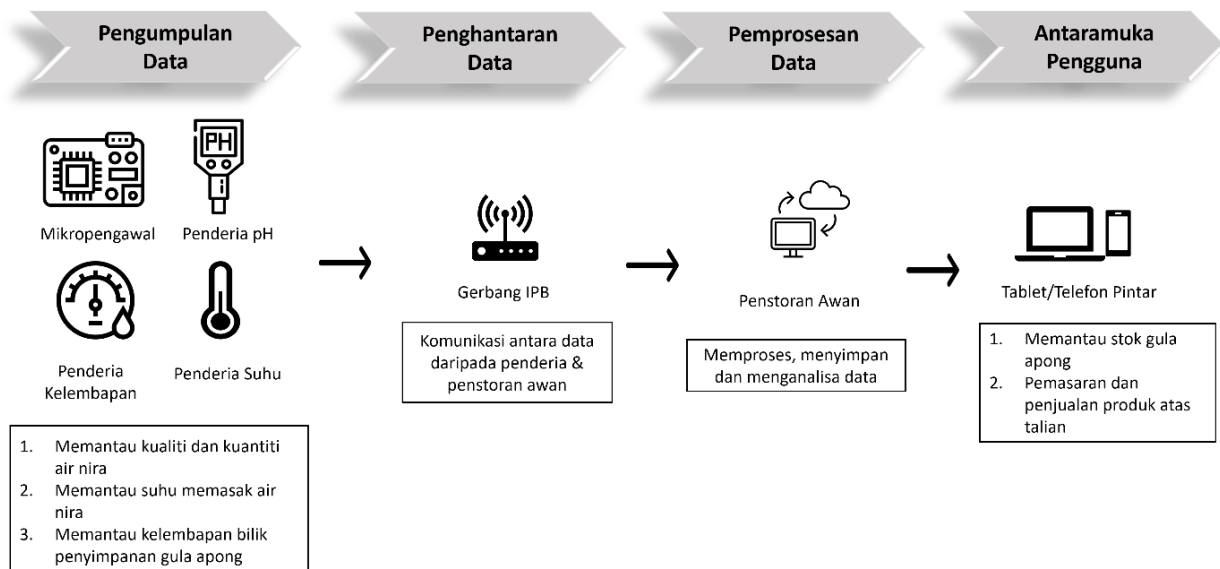
Jenis penderia juga perlu bersesuaian dengan jenis tanaman, lokasi dan keluasan ladang tanaman untuk mendapatkan prestasi yang optimum (Pachayappan et al., 2020).

Teknologi IPB dalam Pengeluaran dan Perusahaan Gula Apong

Kaedah kajian yang digunakan dalam artikel ini ialah kajian kualitatif. Proses temu bual separa-berstruktur telah dijalankan kepada pengusaha gula apong di Kampung Pinggan Jaya, Kota Samarahan, Sarawak. Hasil temu bual dan lawatan tapak didapati tiada teknologi digital khusus yang digunakan dalam proses pembuatan gula apong. Artikel ini akan membincangkan transformasi digital dengan membangunkan kerangka kerja terbantu IPB untuk menambah baik sektor industri perusahaan gula apong. Kerangka kerja yang dicadangkan ini akan membantu pengusaha industri desa terutamanya produk gula apong dan masyarakat setempat, pihak berkepentingan lain seperti penyelidik, agensi kerajaan dan pemegangtaruh dalam merancang dan mengurus rantai bekalan gula apong. Selain itu, dengan pengenalan teknologi IPB juga

dapat menggalakkan lebih ramai belia untuk meneruskan perusahaan gula apung sebagai salah satu produk unggulan Sarawak dan seterusnya memajukan dan melestarikan perusahaan gula apung.

Industri penghasilan gula apung perlu dinaiktaraf ke peringkat yang lebih tinggi kerana ia mampu meningkatkan sumber pendapatan masyarakat setempat. Menggunakan teknologi IPB berasaskan penderia dapat menambahbaik industri perusahaan gula apung dalam meningkatkan kualiti dan kuantiti hasil. Teknologi ini boleh membantu pembuat dan pengeluar gula apung menutup jurang bekalan-permintaan dengan memastikan hasil yang tinggi, jaminan keuntungan dan perlindungan alam sekitar. IPB juga mampu menjadikan sektor pertanian makanan lebih bergaya, dengan kaedah yang tidak membebankan tetapi pulangan yang lebih besar, menjadikannya lebih menarik kepada golongan muda. Rajah 3 menunjukkan ekosistem teknologi IPB yang boleh digunakan dalam industri gula apung berdasarkan empat elemen utama iaitu pengumpulan data, penghantaran data, memproses dan menyimpan data, dan antara muka pengguna.



Rajah 3: Penggunaan IPB Dalam Penghasilan Gula Apung

Teknologi IPB membolehkan jumlah data yang besar dikumpul dan dianalisa pada bila-bila masa. Pengusaha gula apung boleh memantau kualiti dan kuantiti pengeluaran produk menggunakan aplikasi di telefon pintar atau sistem komputer bermula daripada proses pengumpulan air nira sehingga kepada pemasaran perniagaan.

a. Pengumpulan air nira

Gula apung secara tradisional dituai dengan tangan, dan proses pembuatannya mengambil masa yang sangat lama. Ia dihasilkan daripada nira pokok nipah yang diekstrak dengan membuat keratan pada putik bunga pokok tersebut. Pokok nipah banyak didapati di kawasan hutan paya bakau (rujuk Rajah 4). Batang pokok nipah yang matang akan menghasilkan air nira yang lebih banyak. Kaedah konvensional digunakan dengan mengetuk batang nipah untuk menguji kematangan pokok dan kauntiti air nira tersebut. Putik bunga pada batang pokok nipah akan dipotong dan air

nira akan menitis keluar sedikit demi sedikit. Ianya akan dikumpulkan kedalam botol yang akan diikat pada batang tersebut. Air nira ini dikumpulkan semalaman tanpa pemantauan khusus yang boleh menyebabkan pembaziran sekiranya botol telah penuh dan melimpah keluar. Selain itu, air nira yang terkumpul mungkin mengandungi kotoran atau serpihan-serpihan dari batang nipah, jangkitan kulat dan takungan air hujan yang boleh menjejaskan kualiti.



Rajah 4: Pokok Nipah di Kampung Pinggan Jaya, Kota Samarahan

Penjejak sistem penentududukan global (GPS) boleh dipasang pada batang nipah untuk mengenalpasti lokasi botol yang mengandungi air nira. Penderia aras cecair juga boleh digunakan untuk memantau paras air nira didalam botol. Kualiti air nira boleh disaring menggunakan penderia pH (mengesan nilai pH cecair), penderia kekeruhan (mengesan nilai kekeruhan cecair), penderia pengoksidaan (mengesan potensi cecair teroksida atau sebaliknya) dan penderia TDS (mengesan mineral, ion dan lain-lain dalam cecair) bagi mendapatkan kualiti air nira yang lebih baik. Data-data daripada penderia-penderia ini boleh dimanfaatkan oleh pengusaha gula apong dengan mendapatkan bacaan secara masa nyata.

b. Memasak air nira

Proses memasak juga menggunakan sepenuhnya tenaga manusia. Air nira yang dikumpul akan direbus dan dikacau selama enam hingga lapan jam untuk membolehkan air nira menjadi karamel yang pekat (rujuk Rajah 5). Karamel ini dinamakan gula apong akan bertukar likat dan berwarna gelap apabila semakin lama air nira dimasak. Warna gula apong terdiri daripada coklat pucat hingga hampir hitam bergantung dengan masa memasak. Tempoh memasak adalah berbeza-beza bergantung kepada kawalan penggunaan gas secara konvensional. Kira-kira satu kilogram gula apong boleh dihasilkan daripada 10 liter air nira. Tiada kaedah khusus yang digunakan untuk memantau tempoh memasak dan juga suhu pembakaran. Dari segi konsistensi pula, gula apong boleh menjadi lembut dan rapuh atau keras. Ia kemudian dibiarkan sejuk pada suhu bilik dan disimpan untuk pembungkusan.



Rajah 5: Proses Memasak Air Nira

Penderia suhu jenis sesentuh tersedia dalam pelbagai jenis seperti RTD, termokopel, dan termistor boleh digunakan untuk memantau dan mengawal suhu proses memasak air nira. Penderia suhu ini mempunyai julat suhu yang luas dan boleh digunakan dalam pelbagai keadaan suhu tinggi. Pola taburan suhu boleh dianalisa secara masa nyata bagi menentukan suhu memasak yang sesuai untuk mendapatkan tekstur gula apong yang sempurna dari segi tekstur dan rasa. Penggunaan suhu memasak yang sesuai dapat menjimatkan masa dan juga penggunaan gas.

c. Pembungkusan gula apong

Proses pembungkusan dan penyimpanan gula apong dilakukan secara manual dan tradisional di rumah. Gula apong akan disimpan dalam tin, botol atau plastik dan kemudiannya disimpan dalam suhu bilik seperti di Rajah 6. Faktor suhu dan kelembapan bilik adalah penting dalam menjaga kualiti gula apong supaya selamat untuk dimakan.



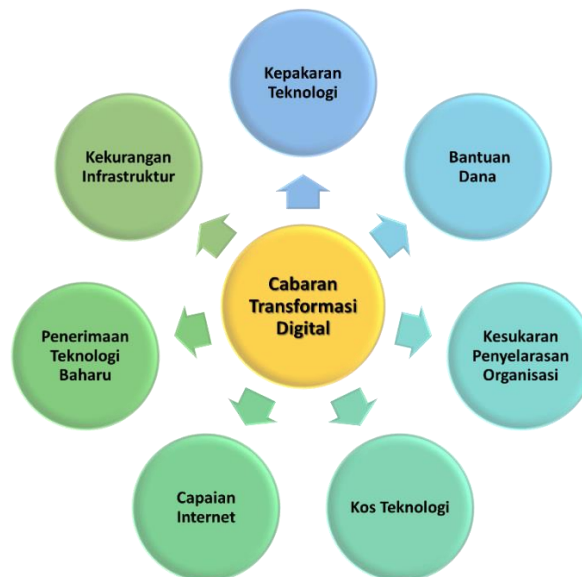
Rajah 6: Produk Gula Apong Dan Air Nira

Gabungan penderia suhu, kelembapan dan cahaya boleh membantu pengusaha memantau keadaan masa nyata bilik penyimpanan gula apung dan mengekalkan tekstur yang diinginkan. Pendedahan cahaya yang berlebihan akan meningkat suhu atau kadar kelembapan yang tinggi boleh menyebabkan perubahan warna dan kemerosotan produk. Selain itu, penderia oksigen dan karbon dioksida digunakan untuk memantau paras oksigen dan karbon dioksida dalam bungkusan yang boleh membantu mengekalkan kesegaran gula apung. Paras oksigen yang rendah atau karbon dioksida yang tinggi boleh menunjukkan kerosakan atau kehadiran mikroorganisma. Pengimbas kod bar atau QR boleh merekodkan tarikh pembuatan dan maklumat lain yang berkaitan sekaligus membantu dalam pemantauan stok. Data-data masa nyata sedia ada daripada penderia-penderia IPB akan disimpan dan di analisa menggunakan pelantar awan.

d. Pemasaran dan rancangan perniagaan

Produk gula apung akan dijual secara terus kepada pembekal, peniaga dan juga kepada pengguna berdasarkan permintaan. Terdapat juga pengusaha menggunakan kaedah atas talian untuk memasarkan produk gula apung. Integrasi teknologi IPB dan sistem penghantaran boleh membantu pelanggan untuk membuat pesanan berdasarkan stok sedia ada.

Cabaran Teknologi IPB dalam Perusahaan Gula Apung



Rajah 7: Cabaran Transformasi Digital Dalam Perusahaan Gula Apung

Walaupun teknologi IPB dapat meningkatkan produktiviti hasil pertanian makanan terutamanya perusahaan gula apung, namun terdapat beberapa cabaran yang perlu dipertimbangkan. Aplikasi IPB dalam industri gula apung adalah mencabar kerana sumbernya bergantung kepada keadaan semula jadi seperti lokasi, topografi, cuaca dan penyakit. Rajah 7 merumuskan antara cabaran transformasi digital yang dihadapi, contohnya seperti capaian internet, kos teknologi IPB, kepakaran teknologi, kekurangan dana, kesukaran penyelarasan organisasi, kekurangan infrastruktur dan penerimaan teknologi baharu.

- a. **Capaian Internet**
Perusahaan produk gula apung boleh dianggap terkebelakang berbanding komoditi lain. Lazimnya, pokok nipah tumbuh di sepanjang sungai, kawasan berpaya dan berlumpur. Sarawak mempunyai kira-kira 150,000 hektar kawasan hutan bakau yang merupakan sumber pokok nipah. Capaian internet yang lemah dan terhad didalam kawasan hutan paya bakau merupakan cabaran untuk menggunakan teknologi IPB. Penggunaan rangkaian tanpa wayar jarak jauh (LoRa) boleh memudahkan penghantaran data daripada penderia dikawasan hutan berpaya, walaubagaimanapun, teknologi ini terhad kepada jarak maksimum 15 kilometer.
- b. **Kos Teknologi**
Penggunaan pelbagai penderia untuk memantau penghasilan gula apung secara tidak langsung akan meningkatkan kos operasi. Pelaksanaan teknologi IPB akan melibatkan kos permulaan sistem dan kos pengoperasian. Kos permulaan sistem termasuk pembelian perkakasan (peranti, penderia, gerbang IPB, penstoran awan). Manakala, kos operasi sistem termasuk perkhidmatan kos pendaftaran dan kos buruh untuk mengurus peranti IPB. Ini juga termasuk kos yang ditanggung daripada penggunaan tenaga, penyelenggaraan, pertukaran data antara peranti IPB, gerbang dan penstoran awan.
- c. **Kepakaran dan Penerimaan Teknologi Baharu**
Tahap pengetahuan teknologi baharu terutamanya IPB dalam kalangan pengusaha gula apung juga merupakan antara cabaran yang besar. Pengetahuan yang diperlukan merangkumi pendidikan dan kebolehan teknikal untuk menguruskan sistem IPB. Pengusaha industri desa seperti gula apung kebanyakannya kurang mahir, tidak celik digital dan kurang penerimaan penggunaan teknologi baharu. Ini menjadikan alasan utama untuk memilih kaedah tradisional dan konvensional berbanding teknologi IPB. Mereka menganggap penggunaannya terlalu rumit dan melecehkan.
- d. **Kekurangan Infrastruktur**
Kekurangan infrastruktur seperti jalan pertanian menyebabkan bilangan air nira yang dibawa keluar daripada hutan paya bakau agak terhad. Selain itu, tempat memasak dan pembuatan gula apung secara tradisional juga diperbuat daripada bahan binaan asas, tiada kemudahan elektrik dan kebanyakannya uzur dari segi struktur fizikal. Kekurangan kemudahan dan infrastruktur menyukarkan pengusaha gula apung untuk menyerapkan teknologi moden bagi meningkatkan penghasilan produk.
- e. **Kesukaran Penyelarasan Organisasi**
Penggunaan pelbagai penderia, peranti dan gerbang IPB mengikut setiap kehendak pelanggan/pengusaha gula apung menjadi cabaran utama bagi pembangun teknologi IPB. Sistem IPB yang dibangunkan perlu diselaraskan antara satu sama lain supaya dapat beroperasi dengan baik. Terdapat juga peranti atau penderia IPB tidak dapat diintegrasikan antara satu sama lain atas faktor perbezaan protokol komunikasi dan keselamatan siber. Justeru, pembangun teknologi IPB dan pengusaha perlu menyesuaikan sistem sedia ada dengan teknologi yang baharu agar menjamin produktiviti yang berterusan.

f. Bantuan Dana

Industri desa gula apung perlu diperkenalkan kepada masyarakat dengan cara yang terancang dan sistematik. Penggunaan teknologi IPB dalam industri gula apung dapat membuka peluang pekerjaan dan perniagaan kepada golongan muda serta menaiktaraf sosioekonomi masyarakat tempatan. Sokongan dan bantuan dana seperti geran dan pembiayaan modal daripada kerajaan dan pemegangtaruh diperlukan bagi membantu pengusaha untuk meningkatkan lagi pengeluaran dan pemasaran produk gula apung. Selain itu, strategi dan dasar daripada kerajaan negeri harus dipertimbangkan apabila teknologi berasaskan IPB digunakan. Penggunaan IPB ini akan menggalakkan lebih ramai belia untuk meneruskan perniagaan gula apung sebagai salah satu produk unggulan Sarawak.

Rumusan

Artikel ini membincangkan kerangka kerja berasaskan IPB dalam pembuatan gula apung bermula daripada pengumpulan air nira, proses memasak, pembungkusan gula apung dan pemasaran produk. Industri gula apung dapat dikembangkan melalui teknologi IPB dan menjadikannya sebagai produk pelancongan jika dikomersialkan. Kerangka kerja ini juga dapat membantu kerajaan negeri, pihak berkepentingan dan komuniti untuk memacu hasil pendapatan komoditi negara melalui pendigital industri desa seperti perusahaan gula apung. Bagi mendepani cabaran transformasi digital, semua pihak termasuk kerajaan dan swasta perlu meningkatkan tahap kesediaan dalam menguasai teknologi baharu seperti IPB. Pelan perancangan transformasi digital yang mampan dan menyeluruh adalah penting bagi memodenkan sektor industri gula apung sebagai usaha meningkatkan produktiviti dan membangunkan sektor ini secara lestari. Kajian akan datang akan membangunkan dan menilai kebolegunaan prototaip IPB dalam industri gula apung yang akan menumpukan reka bentuk teguh, kemudahan penggunaan, kebolehskalaan dan berkos rendah supaya dapat meningkatkan kecukupan bekalan dan menghasilkan produk gula apung yang berkualiti. Ini bukan sahaja memberi faedah kepada pengusaha dan pembekal industri gula apung tetapi juga kepada pelbagai pihak berkepentingan, contohnya agensi pensijilan produk seperti HALAL, Skim Pensijilan Makanan Selamat Tanggungjawab Industri (MeSTI), Amalan Pengilangan Yang Baik (GMP) dan Analisis Bahaya dan Titik Kawalan Kritikal (HACCP) dengan mendapatkan maklumat lengkap tentang produk daripada pengeluaran sehingga pemasaran yang boleh didapati daripada data IPB.

Penghargaan

Penulis berterima kasih atas sokongan kewangan yang diterima daripada Universiti Kebangsaan Malaysia di bawah geran Kursi Wakaf Sheikh Othman Sarawak (Kod Projek: ZG-2022-016) bagi menjalankan projek ini.

Rujukan

- Aarthy, R., Sivakumar, D., & Mariappan, V. (2023). Smart Soil Property Analysis Using IoT: A Case Study Implementation in Backyard Gardening. *Procedia Computer Science*, 218, 2842–2851. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.255>
- Abdullah, M. S., Fattah, A., Razak, A., Sulaiman, M. S., Abidin, Z., Osman, S., Razak, A. A., & Salleh, M. H. (2022). The Utilization of *Nypa Fruticans* Palm Sugar (Gula Apung) as An Alternative Sweetener in Kaya and Its Effects on Physicochemical and Sensory Properties. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(6), 974–5823.

- Adib Povera, & Ayisy Yusof. (2021). Malaysia aims to be a regional leader in the digital economy by 2030. *New Straits Times*. <https://www.nst.com.my/business/2021/02/667027/malaysia-aims-be-regional-leader-digital-economy-2030>
- Ahmed, G., Malick, R. A. S., Akhunzada, A., Zahid, S., Sagri, M. R., & Gani, A. (2021). An approach towards iot-based predictive service for early detection of diseases in poultry chickens. *Sustainability (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132313396>
- Ahmed, M. A., Gallardo, J. L., Zuniga, M. D., Pedraza, M. A., Carvajal, G., Jara, N., & Carvajal, R. (2022). LoRa Based IoT Platform for Remote Monitoring of Large-Scale Agriculture Farms in Chile. *Sensors*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22082824>
- Ahmed, N., De, D., & Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4890–4899. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2879579>
- Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E. H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access*, 7, 129551–129583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>
- Bayılmış, C., Ebleme, M. A., Çavuşoğlu, Ü., Küçük, K., & Sevin, A. (2022). A Survey on Communication Protocols and Performance Evaluations for Internet of Things. *Digital Communications and Networks*, 8(6), 1094–1104. <https://doi.org/10.1016/J.DCAN.2022.03.013>
- Bhutta, M. N. M., & Ahmad, M. (2021). Secure Identification, Traceability and Real-Time Tracking of Agricultural Food Supply during Transportation Using Internet of Things. *IEEE Access*, 9, 65660–65675. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3076373>
- Bumanis, N., Kviesis, A., Tjukova, A., Arhipova, I., Paura, L., & Vitols, G. (2023). Smart Poultry Management Platform with Egg Production Forecast Capabilities. *Procedia Computer Science*, 217, 339–347. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.229>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2019). A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. In *IEEE Access* (Vol. 7, pp. 156237–156271). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949703>
- Fredrik Dahlqvist, Mark Patel, Alexander Rajko, & Jonathan Shulman. (2019). *Growing Opportunities In the Internet of Things*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/growing-opportunities-in-the-internet-of-things>
- Geng, X., Zhang, Q., Wei, Q., Zhang, T., Cai, Y., Liang, Y., & Sun, X. (2019). A mobile greenhouse environment monitoring system based on the internet of things. *IEEE Access*, 7, 135832–135844. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941521>
- Goh Pei Pei. (2021). Sarawak aims to modernise agriculture, attract more young farmers. *New Straits Times*. <https://www.nst.com.my/news/nation/2021/09/727294/sarawak-aims-modernise-agriculture-attract-more-young-farmers>
- Guo, H., Narkhede, B., & Glaros, A. (2023). *Digital technologies in local agri-food systems: Opportunities for a more interoperable digital farmgate sector*.
- Hossain, F. F., Messenger, R., Captain, G. L., Ekin, S., Jacob, J. D., Taghvaeian, S., & O'Hara, J. F. (2022). Soil Moisture Monitoring Through UAS-Assisted Internet of Things

- LoRaWAN Wireless Underground Sensors. *IEEE Access*, 10, 102107–102118. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3208109>
- Huiggy, K., & Kikolashvili, G. (2018). *APPong an application that provides an overview of the Gula Apong production in Sarawak*.
- Jaiganesh, S., Gunaseelan, K., & Ellappan, V. (2017). IOT agriculture to improve food and farming technology. *2017 Conference on Emerging Devices and Smart Systems, ICEDSS 2017*, 260–266. <https://doi.org/10.1109/ICEDSS.2017.8073690>
- Kementerian Kewangan Malaysia. (2022). Tinjauan Ekonomi 2023. In *Bajet 2023*.
- Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Hounhouigan, M. H., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., & Sohounhloue, C. K. D. (2023). Recent advances in the use of digital technologies in agri-food processing: A short review. In *Applied Food Research* (Vol. 3, Issue 2). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100329>
- Kosior, K. (2018). Digital Transformation in the Agri-Food Sector - Opportunities and Challenges. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, XX(2), 98–104. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.8122>
- Martinez, B., Montón, M. A., Prades, J. D., & Montón, M. (2015). The Power of Models: Modeling Power Consumption for IoT devices. *IEEE Sensors Journal*, 5(10), 5777–5789.
- Mathi, S., Akshaya, R., & Sreejith, K. (2023). An Internet of Things-based Efficient Solution for Smart Farming. *Procedia Computer Science*, 218, 2806–2819. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.252>
- Nagrале, N. K., Nagrале, V. N., & Deshmukh, A. (2023). IoT Based Smart Food Grain Warehouse. *2nd International Conference on Paradigm Shifts in Communications Embedded Systems, Machine Learning and Signal Processing (PCEMS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/pcems58491.2023.10136049>
- Natasha Jee. (2022). Gula Apong local sales at RM3.38 million, import RM1.93 million in 2021. *New Sarawak Tribune*. <https://www.newsarawaktribune.com.my/gula-pong-local-sales-at-rm3-38-million-import-rm1-93-million-in-2021/>
- Pachayappan, M., Ganeshkumar, C., & Sugundan, N. (2020). Technological implication and its impact in agricultural sector: An IoT Based Collaboration framework. *Procedia Computer Science*, 171, 1166–1173. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2020.04.125>
- Paul, A., & Jeyaraj, R. (2019). Internet of Things: A primer. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(1), 37–47. <https://doi.org/10.1002/HBE2.133>
- Quy, V. K., Hau, N. Van, Anh, D. Van, Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., Randazzo, G., & Muzirafuti, A. (2022). IoT-Enabled Smart Agriculture: Architecture, Applications, and Challenges. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12073396>
- S. Jaisankar, P. Nalini, & K. Krishna Rubigha. (2020). A Study on IoT based Low-Cost Smart Kit for Coconut Farm Management. *2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC49090.2020.9243486>
- Sadek, N., kamal, N., & Shehata, D. (2023). Internet of Things based smart automated indoor hydroponics and aeroponics greenhouse in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 102341. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102341>
- Sahari, F., Durin, A., Hasan, R., Ahmad Zaidi Aduce, S., & Abdul Rahman, S. (2018). Adaptability to Settlement Pattern and Choice of Subsistence Activities: Emergence of Material Culture within the Saribas Malay in Betong, Sarawak. *SHS Web of Conferences*, 45, 06001. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184506001>

- Sakhno, A., Salkova, I., Broyaka, A., & Priamukhina, N. (2019). *Methodology for the Impact Assessment of the Digital Economy on Agriculture Development*. <https://doi.org/10.35940/ijrte.C1027.1183C19>
- Shanmuga Sundaram, J. P., Du, W., & Zhao, Z. (2020). A Survey on LoRa Networking: Research Problems, Current Solutions, and Open Issues. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(1), 371–388. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2949598>
- Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D., & Montanaro, T. (2019). Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2019.104939>
- Vicky Fong. (2022). Gula Apong - Hard work, sweet rewards. *New Sarawak Tribune*. <https://www.newsarawaktribune.com.my/a-means-of-earning-full-of-uncertainties/>
- Williams, L. D. (2021). Concepts of Digital Economy and Industry 4.0 in Intelligent and information systems. *International Journal of Intelligent Networks*, 2, 122–129. <https://doi.org/10.1016/J.IJIN.2021.09.002>
- Wolfert, S., & Isakhanyan, G. (2022). Sustainable agriculture by the Internet of Things – A practitioner’s approach to monitor sustainability progress. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107226. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107226>
- Xu, J., Gu, B., & Tian, G. (2022). Review of Agricultural IoT Technology. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 10–22. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2022.01.001>