



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI

PITRAM 2026

Pertandingan Inovasi Antara Asasi Malaysia

Extended Abstract Book



11 dan 12 APRIL 2026

Dewan Berlian

Universiti Teknologi MARA

Cawangan Selangor

Kampus Puncak Alam



UNIVERSITI
TEKNOLOGI
MARA

Pusat
Asasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI



MAJLIS DEKAN/PENGARAH ASASI
UNIVERSITI AWAM MALAYSIA

Pembangunan Sistem Penuaian Air Hujan Dengan Integrasi IoT Dan Solar Bagi Aplikasi Akuaponik

Muhammad Ikhwan Sulaiman, Muhammad Hazim Mohd Hermie, Muhammad Helmie
Jama

Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Semambu, 25350 Kuantan, Pahang Darul Makmur,
Malaysia

*iikhwan1337@gmail.com

ABSTRAK

Air merupakan sumber penting dalam menyokong kelangsungan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) sebagai teknologi hijau bagi pengurusan air secara mampan. Namun, kekurangan sumber air alternatif serta kebergantungan tinggi terhadap air terawat dan tenaga elektrik konvensional menjadi cabaran utama dalam sistem akuaponik. Oleh itu, projek ini bertujuan membangunkan sistem SPAH yang diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT) dan tenaga solar bagi meningkatkan kecekapan pengurusan air dan tenaga. Metodologi projek melibatkan pembangunan prototaip SPAH bersepadu yang dilengkapi sensor paras air (water level sensor) untuk pemantauan masa nyata, serta penggunaan tenaga solar sebagai sumber tenaga utama bagi operasi pam dan sistem IoT. Pengujian sistem dijalankan selama 10 hari bagi menilai prestasi dan kestabilan operasi. Dapatan kajian menunjukkan sistem berfungsi dengan baik dan stabil, dengan peratus bateri berada dalam julat 60% hingga 100%, serta pengecasan optimum pada hari ke-1, ke-5 dan ke-9. Bacaan pH air kekal antara 6.5 hingga 6.8, iaitu sesuai untuk hidupan akuatik dan tanaman. Paras air juga kekal terkawal dengan penurunan minimum tanpa kehilangan ketara. Kesimpulannya, sistem SPAH ini berupaya mengurangkan kebergantungan terhadap air terawat dan tenaga elektrik, di samping meningkatkan kecekapan operasi akuaponik secara lestari. Projek ini mempunyai potensi pengkomersialan yang tinggi sebagai sistem akuaponik pintar bagi kegunaan domestik, pendidikan dan pertanian bandar.

Kata kunci: Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH), akuaponik pintar, Internet of Things (IoT), tenaga solar, pengurusan air mampan.

1. PENGENALAN

Air merupakan sumber asas kehidupan yang semakin terhad akibat peningkatan populasi dan pembangunan pesat, walaupun Malaysia menerima taburan hujan tahunan yang tinggi. Namun, sebahagian besar air hujan tidak dimanfaatkan secara optimum dan hilang sebagai air larian permukaan. Keadaan ini menunjukkan keperluan kepada satu sistem pengurusan air yang lebih cekap dan mampan. Sehubungan itu, Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) diperkenalkan sebagai satu pendekatan untuk mengumpul dan menggunakan semula air hujan sebagai sumber alternatif yang selamat, percuma dan mesra alam.

Selain itu, sistem akuaponik merupakan satu inovasi pertanian lestari yang menggabungkan akuakultur dan hidroponik dalam satu kitaran air tertutup. Dalam sistem ini, bahan buangan ikan yang mengandungi ammonia akan ditukarkan kepada nitrat melalui proses nitrifikasi dan seterusnya digunakan sebagai nutrien oleh tanaman. Kajian oleh Rakocy et al. (2006) menunjukkan bahawa sistem ini mampu meningkatkan kecekapan penggunaan air serta mengurangkan keperluan pertukaran air secara kerap. Walau bagaimanapun, kebanyakan sistem akuaponik sedia ada masih bergantung kepada air paip dan tenaga elektrik grid, sekali gus meningkatkan kos operasi serta kurang menyokong konsep kelestarian.

Tambahan pula, ketiadaan sistem pengumpulan air hujan menyebabkan pembaziran sumber semula jadi, manakala penggunaan tenaga elektrik konvensional meningkatkan kos jangka panjang dan mengehadkan aplikasi di kawasan luar grid. Reka bentuk sistem yang statik juga mengurangkan fleksibiliti penggunaan. Oleh itu, integrasi tenaga solar dicadangkan sebagai sumber tenaga alternatif bagi menggantikan kebergantungan kepada grid elektrik (Abdelrahman & Al-Haddad, 2020).

Di samping itu, perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membolehkan pemantauan sistem dilakukan secara masa nyata melalui penggunaan sensor. Pendekatan ini meningkatkan kecekapan pengurusan, kawalan operasi serta memudahkan proses penyelenggaraan berbanding kaedah manual.

Berdasarkan isu yang dikenal pasti, kajian ini bertujuan untuk membangunkan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHH) yang diintegrasikan dengan teknologi IoT dan tenaga solar bagi aplikasi akuaponik pintar. Objektif utama projek ini adalah untuk (i) membangunkan sistem SPAHH bersepadu, (ii) mengintegrasikan pemantauan masa nyata menggunakan sensor, dan (iii) menilai keberkesanan sistem dalam meningkatkan kecekapan penggunaan air dan tenaga. Secara keseluruhannya, kajian ini menggunakan pendekatan pembangunan prototaip dan pengujian prestasi sistem dalam tempoh tertentu. Hasil awal menunjukkan sistem yang dibangunkan mampu beroperasi secara stabil serta berpotensi menyokong pengurusan air dan tenaga secara lestari.

2. METODOLOGI

Bab ini menerangkan kaedah dan pendekatan yang digunakan dalam pembangunan projek Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHH) dengan integrasi Internet of Things (IoT) dan tenaga solar bagi aplikasi akuaponik. Metodologi ini merangkumi proses perancangan projek, reka bentuk sistem, pemilihan komponen, pembangunan prototaip serta proses pengujian sistem bagi memastikan projek dapat berfungsi dengan baik.

Kaedah yang digunakan dalam projek ini adalah melalui pembangunan prototaip sistem yang menggabungkan teknologi penuaian air hujan, tenaga solar, serta pemantauan menggunakan sensor IoT.

2.1 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembangunan projek ini dibahagikan kepada dua kategori utama iaitu komponen elektrik serta komponen mekanikal dan sistem air.

2.1.1 Komponen Elektrik dan Tenaga

Komponen elektrik digunakan bagi memastikan sistem dapat berfungsi dengan menggunakan tenaga solar sebagai sumber tenaga utama. Antara komponen yang digunakan ialah:

- Panel solar / 50W / 42×28 cm
- Solar controller / 10A
- Bateri / 12V
- Pam air DC / 5×5×3.5 cm
- Water level sensor

Panel solar digunakan untuk menukarkan tenaga cahaya matahari kepada tenaga elektrik. Tenaga tersebut kemudiannya disimpan dalam bateri melalui solar charge controller sebelum digunakan untuk menggerakkan pam air serta sistem sensor.

2.1.2 Komponen Mekanikal dan Sistem Air

Komponen mekanikal pula digunakan bagi membina struktur sistem akuaponik serta sistem penuaian air hujan. Antara komponen yang digunakan ialah:

- Tangki penuaian air hujan
- Akuarium ikan
- Bekas tanaman
- Paip PVC dan penyambung paip
- Struktur troli bertingkat

Komponen ini berfungsi sebagai medium bagi menyalurkan air hujan yang dikumpulkan ke dalam sistem akuaponik untuk kegunaan tanaman dan ikan.

2.2 Carta Alir Pembangunan Projek

Proses pembangunan projek ini dijalankan secara berperingkat bagi memastikan setiap proses dilaksanakan dengan sistematik dan teratur.

Carta alir pembangunan projek adalah seperti berikut:



Rajah 1. Carta Alir Pembangunan Projek.

1. Mengenal pasti masalah dan keperluan projek

Pada peringkat ini, masalah utama yang berkaitan dengan penggunaan air dalam sistem akuaponik dikenal pasti. Antaranya ialah kebergantungan kepada sumber air paip dan penggunaan tenaga elektrik konvensional yang boleh meningkatkan kos operasi. Oleh itu, projek ini dicadangkan bagi membangunkan sistem penuaian air hujan yang diintegrasikan dengan tenaga solar dan teknologi IoT.

2. Kajian literatur

Kajian literatur dijalankan bagi mendapatkan maklumat berkaitan teknologi yang digunakan dalam projek seperti Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHH), sistem akuaponik, tenaga solar dan Internet of Things (IoT). Maklumat ini diperolehi daripada jurnal penyelidikan, buku akademik serta sumber rujukan lain yang berkaitan.

3. Reka bentuk sistem projek

Pada peringkat ini, reka bentuk sistem projek dibangunkan bagi menentukan susunan komponen utama seperti tangki penuaian air hujan, tangki ikan, bekas tanaman, pam air serta sistem sensor. Reka bentuk ini penting bagi memastikan aliran air dalam sistem dapat berfungsi dengan lancar.

4. Pemilihan bahan dan komponen

Pemilihan bahan dan komponen dilakukan berdasarkan kesesuaian fungsi, kos serta kemudahan pemasangan. Antara komponen utama yang dipilih ialah panel solar, bateri, pam air DC, water level sensor, tangki air serta paip PVC bagi membina sistem.

5. Pembinaan struktur sistem

Pada peringkat ini, struktur sistem dibina menggunakan rak atau troli bertingkat bagi menempatkan tangki air hujan, akuarium ikan dan bekas tanaman. Struktur ini direka bentuk supaya sistem lebih stabil serta mudah dialihkan.

6. Pemasangan sistem solar dan pam air

Panel solar dipasang bagi menukarkan tenaga cahaya matahari kepada tenaga elektrik. Tenaga ini kemudiannya disimpan dalam bateri melalui solar charge controller sebelum digunakan untuk menggerakkan pam air yang menyalurkan air dalam sistem akuaponik.

7. Integrasi sensor IoT

Sensor paras air dipasang pada tangki simpanan air bagi mengesan paras air dalam tangki. Sensor ini membolehkan pemantauan keadaan sistem dilakukan dengan lebih sistematik dan membantu dalam pengurusan operasi sistem.

8. Pengujian sistem

Selepas semua komponen dipasang, sistem akan diuji bagi memastikan setiap bahagian berfungsi dengan baik. Pengujian ini melibatkan pemeriksaan terhadap aliran air, operasi pam air serta fungsi sensor.

9. Penambahbaikan sistem

Sekiranya terdapat sebarang masalah atau kelemahan semasa proses pengujian, penambahbaikan akan dilakukan bagi meningkatkan prestasi sistem. Proses ini penting bagi memastikan sistem dapat beroperasi dengan lebih cekap dan stabil.

10. Penyediaan laporan projek

Pada peringkat akhir, semua maklumat berkaitan pembangunan projek seperti metodologi, keputusan pengujian serta analisis projek akan didokumentasikan dalam bentuk laporan projek.

Carta alir ini membantu memastikan pembangunan projek dilaksanakan secara tersusun dari peringkat perancangan sehingga peringkat pengujian sistem.

2.3 Presedur Pembangunan Sistem

Pembangunan projek ini melibatkan beberapa langkah utama bagi menghasilkan sebuah prototaip sistem yang berfungsi dengan baik.

2.3.1 Pengumpulan Maklumat

Pada peringkat awal, kajian literatur dijalankan bagi mendapatkan maklumat berkaitan sistem penuaian air hujan, teknologi IoT, tenaga solar serta sistem akuaponik. Maklumat ini diperolehi daripada buku akademik, jurnal penyelidikan dan sumber rujukan yang berkaitan.

2.3.2 Reka Bentuk Sistem

Selepas proses pengumpulan maklumat, reka bentuk sistem projek dibangunkan. Reka bentuk ini melibatkan penyusunan komponen utama seperti tangki air hujan, tangki ikan, bekas tanaman, pam air serta sistem sensor.

Reka bentuk ini bertujuan memastikan aliran air dalam sistem dapat berfungsi dengan lancar serta menyokong operasi akuaponik secara berkesan.

2.3.3 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan kesesuaian fungsi, kos serta kemudahan pemasangan. Komponen seperti panel solar, bateri, pam air dan sensor paras air dipilih bagi memastikan sistem dapat beroperasi dengan menggunakan tenaga solar serta membolehkan pemantauan paras air dilakukan.

2.3.4 Pembinaan Struktur Projek

Pada peringkat ini, struktur projek dibina menggunakan rak atau troli bertingkat bagi menempatkan tangki air, akuarium ikan serta bekas tanaman. Struktur ini direka bentuk supaya sistem mudah dialihkan dan lebih fleksibel untuk digunakan.

2.3.5 Pemasangan Sistem

Seterusnya, komponen elektrik seperti panel solar, bateri dan pam air dipasang pada sistem. Panel solar akan menghasilkan tenaga elektrik yang disimpan dalam bateri sebelum digunakan untuk menggerakkan pam air.

Pam air digunakan bagi menyalurkan air dari tangki simpanan ke dalam sistem akuaponik.

2.3.6 Integrasi Sensor IoT

Sensor paras air dipasang pada tangki simpanan bagi mengesan paras air dalam tangki. Sensor ini membolehkan pemantauan paras air dilakukan secara lebih sistematik dan membantu dalam pengurusan operasi sistem.

2.3.7 Pengujian Sistem

Selepas pemasangan selesai, sistem akan diuji bagi memastikan semua komponen berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan bagi memastikan pam air, panel solar dan sensor dapat beroperasi dengan betul.

Sekiranya terdapat sebarang masalah, proses penambahbaikan akan dilakukan sehingga sistem dapat berfungsi dengan stabil.

2.4 Reka Bentuk Sistem

Reka bentuk sistem bagi projek ini melibatkan integrasi beberapa komponen utama iaitu Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH), sistem tenaga solar, teknologi Internet of Things (IoT) serta sistem akuaponik. Air hujan akan dikumpulkan melalui permukaan tadahan seperti

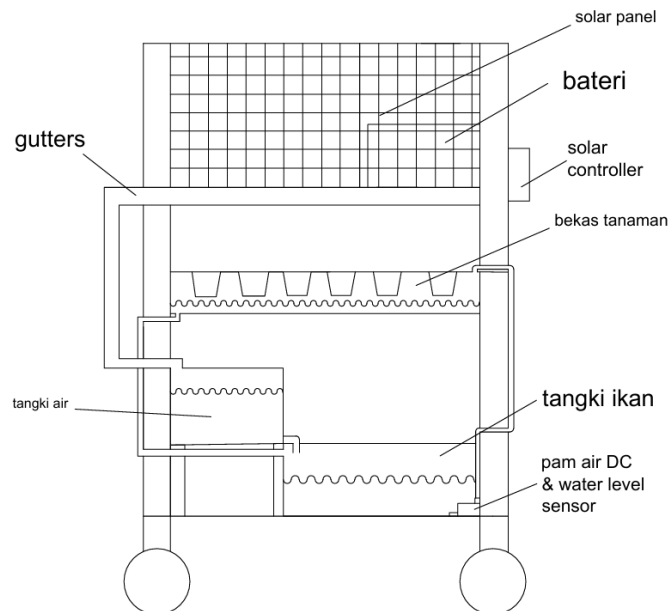
bumbung sebelum dialirkan ke dalam tangki simpanan. Air yang disimpan dalam tangki tersebut kemudiannya akan dipam ke dalam sistem akuaponik menggunakan pam air DC.

Dalam sistem akuaponik, air daripada tangki ikan akan disalurkan ke bekas tanaman bagi membekalkan nutrien kepada tanaman. Air tersebut kemudiannya akan kembali semula ke dalam tangki ikan bagi membentuk kitaran air tertutup. Selain itu, sistem ini menggunakan panel solar sebagai sumber tenaga utama. Tenaga yang dihasilkan oleh panel solar akan disimpan dalam bateri melalui solar charge controller sebelum digunakan untuk menggerakkan pam air dan sistem sensor.

Penggunaan sensor paras air membolehkan pemantauan keadaan tangki air dilakukan secara lebih cekap dan sistematik.

2.5 Lakaran Projek

Lakaran projek menunjukkan susunan komponen utama dalam sistem yang dibangunkan. Antara komponen utama yang terdapat dalam lakaran projek ialah tangki penuaian air hujan, tangki ikan, bekas tanaman, pam air, panel solar serta sistem sensor. Lakaran ini membantu memberikan gambaran awal tentang reka bentuk sistem serta kedudukan setiap komponen sebelum proses pembangunan prototaip dijalankan.



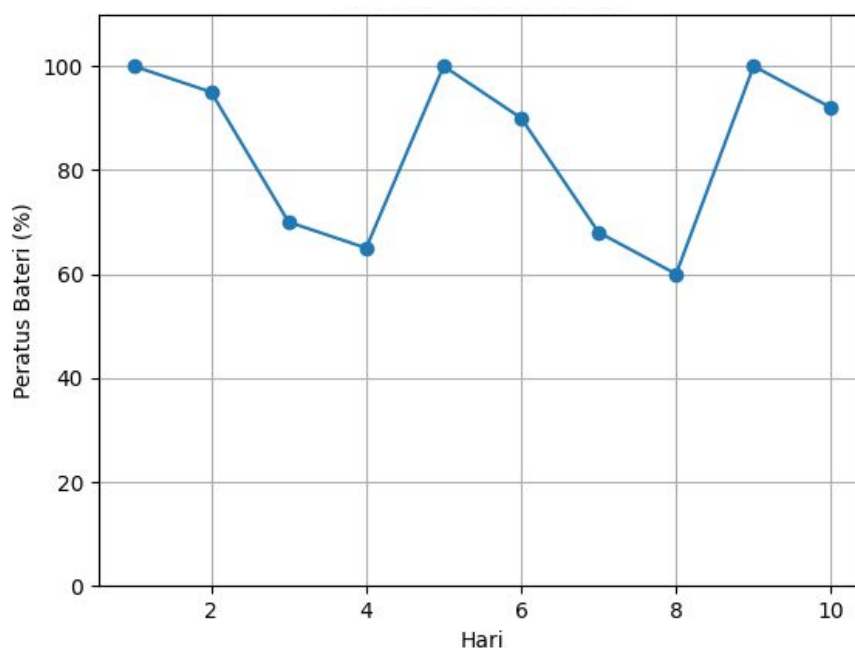
Rajah 2. Lakaran Pembangunan Sistem Penuaian Air Hujan Dengan Integrasi IoT Dan Solar Bagi Aplikasi Akuaponik.

3. DAPATAN DAN PERBINCANGAN

Bahagian ini membincangkan hasil dapatan daripada pengujian sistem SPAH yang diintegrasikan dengan IoT dan tenaga solar bagi aplikasi akuaponik sepanjang tempoh 10 hari. Parameter utama yang dianalisis ialah peratus bateri, nilai pH air dan paras air.

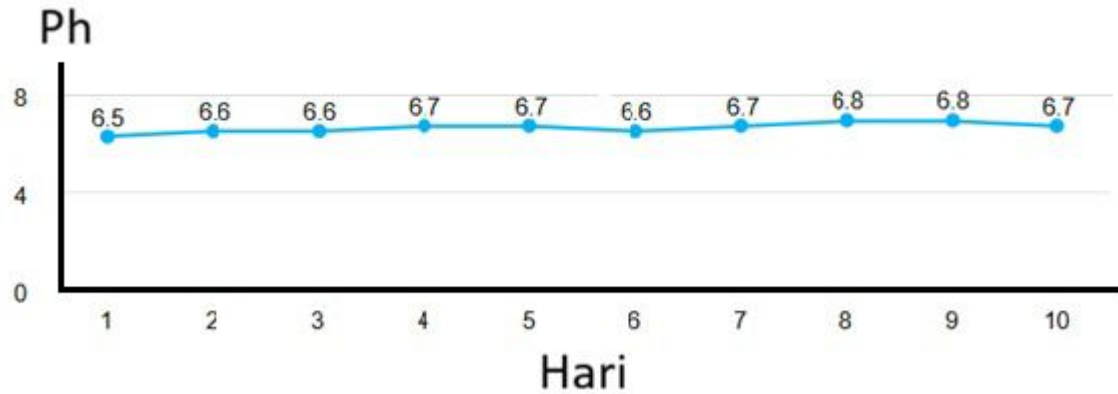
3.1 Nilai dan Imej

Rajah 3 menunjukkan graf peratus bateri terhadap hari. Berdasarkan graf tersebut, peratus bateri berada dalam julat 60% hingga 100% sepanjang tempoh kajian. Nilai maksimum direkodkan pada hari ke-1, ke-5 dan ke-9 (100%), manakala nilai minimum dicatatkan pada hari ke-8 (60%). Corak ini menunjukkan bahawa sistem tenaga solar mampu mengecas bateri dengan baik walaupun berlaku sedikit penurunan pada hari tertentu, kemungkinan disebabkan faktor cuaca seperti kurang cahaya matahari. Secara keseluruhannya, dapatan ini membuktikan bahawa penggunaan tenaga solar adalah stabil dan mencukupi untuk menyokong operasi sistem.



Rajah 3. Graf Peratus Bateri (%) Terhadap Hari.

Rajah 4 menunjukkan graf perubahan nilai pH air sepanjang 10 hari. Bacaan pH didapati berada dalam julat 6.5 hingga 6.8. Julat ini adalah sesuai untuk sistem akuaponik kerana ia menyokong keseimbangan antara keperluan ikan, bakteria nitrifikasi dan tanaman. Nilai pH yang stabil ini menunjukkan bahawa sistem mampu mengekalkan kualiti air tanpa perubahan drastik, sekali gus mengurangkan keperluan penyelenggaraan yang kerap.



Rajah 4. Graf Nilai pH Air Terhadap Hari.



Rajah 5. Graf Paras Air (Water Level) Terhadap Hari.

Rajah 5 menunjukkan perubahan paras air sepanjang tempoh kajian. Paras air mencatatkan penurunan kecil daripada 76 kepada 72. Walau bagaimanapun, perubahan ini masih berada dalam keadaan terkawal dan tidak menunjukkan kehilangan air yang ketara. Penurunan ini berkemungkinan disebabkan oleh proses penyejatan dan penggunaan air oleh tanaman. Dapatan ini menunjukkan bahawa sistem SPAH berjaya mengoptimumkan penggunaan air secara efisien.

3.2 Perbincangan

Secara keseluruhannya, dapatan kajian menunjukkan bahawa sistem yang dibangunkan berjaya beroperasi dengan stabil dan berkesan. Integrasi tenaga solar membolehkan sistem berfungsi tanpa kebergantungan penuh kepada tenaga elektrik grid, sekali gus

mengurangkan kos operasi dan meningkatkan kelestarian. Selain itu, penggunaan sensor IoT membolehkan pemantauan parameter penting dilakukan secara masa nyata, meningkatkan kecekapan pengurusan sistem.

Kestabilan nilai pH membuktikan bahawa sistem akuaponik berada dalam keadaan seimbang, manakala paras air yang terkawal menunjukkan keberkesanan penggunaan SPAH sebagai sumber air alternatif. Gabungan ketiga-tiga parameter ini menunjukkan bahawa sistem yang dibangunkan bukan sahaja berfungsi dengan baik, malah menyokong konsep teknologi hijau dan pengurusan sumber secara lestari.

4. KESIMPULAN

Projek Pembangunan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) dengan integrasi Internet of Things (IoT) dan tenaga solar bagi aplikasi akuaponik berjaya menunjukkan bahawa penggunaan sumber semula jadi seperti air hujan dan tenaga solar mampu mengurangkan kebergantungan terhadap air terawat serta elektrik konvensional secara berkesan. Penemuan utama projek ini membuktikan bahawa sistem yang dibangunkan dapat berfungsi dengan baik melalui pemantauan masa nyata menggunakan sensor paras air, sekali gus meningkatkan kecekapan pengurusan air dan operasi sistem akuaponik.

Selain itu, reka bentuk sistem yang mudah alih dan bertingkat didapati sesuai untuk kawasan terhad seperti pertanian bandar dan institusi pendidikan, menjadikannya lebih fleksibel dan praktikal untuk pelbagai aplikasi. Integrasi teknologi hijau dalam projek ini juga menyokong usaha ke arah pembangunan lestari serta pemeliharaan alam sekitar.

Bagi penambahbaikan masa depan, sistem ini boleh dipertingkatkan dengan penambahan lebih banyak sensor seperti sensor kualiti air (pH dan suhu), automasi penuh menggunakan aplikasi mudah alih, serta sistem penyimpanan tenaga yang lebih efisien. Selain itu, penggunaan analisis data IoT juga boleh membantu dalam membuat ramalan dan pengurusan sumber yang lebih optimum.

Dari segi potensi komersial, sistem ini mempunyai peluang yang tinggi untuk dikembangkan sebagai produk inovasi dalam sektor pertanian moden, khususnya bagi kegunaan rumah, sekolah dan industri kecil. Kos operasi yang rendah, penggunaan tenaga boleh diperbaharui serta konsep mesra alam menjadikan sistem ini berdaya saing dan relevan dengan keperluan semasa dalam teknologi hijau.

PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Pertandingan Inovasi Antara Asasi Malaysia (PITRAM) 2026 atas peluang dan platform yang diberikan untuk membentangkan projek ini. Setinggi-tinggi penghargaan juga diucapkan kepada Pusat Asasi Universiti Teknologi MARA (UiTM) dan Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah (POLISAS) atas sokongan serta kemudahan yang disediakan sepanjang pelaksanaan kajian ini.

Selain itu, penghargaan turut diberikan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan pembangunan Projek Sistem Penuaian Air Hujan

(SPAHE) dengan integrasi Internet of Things (IoT) dan tenaga solar bagi aplikasi akuaponik. Sokongan dan kerjasama yang diberikan amat dihargai dalam memastikan kejayaan projek ini.

RUJUKAN

- Abdelrahman, M. A., & Al-Haddad, A. (2020). Design and performance analysis of a solar-powered water pumping system. *Renewable Energy*, 146, 234–245.
- Baharudin, N. A., Ahmad, M. K., & Zainal, N. (2021). Smart water level monitoring system using IoT technology. *Journal of Engineering and Technology*, 12(3), 45–52.
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., & Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209.
- Ertop, H. (2023). The importance of rainwater harvesting and its usage. *Water*, 15(12), 2194.
- Fewkes, A. (2012). *Rainwater harvesting and greywater reuse*. Routledge.
- Kalogirou, S. A. (2014). *Solar energy engineering: Processes and systems* (2nd ed.). Academic Press.
- Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan. (2016). *Garis panduan sistem penuaian air hujan (SPAHE)*.
- Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J. A., Li, X., & Semmens, K. (2014). An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS ONE*, 9(7).
- Masters, G. M. (2013). *Renewable and efficient electric power systems* (2nd ed.). Wiley.
- Noorazuan, M. D. (1999). *Sistem penuaian air hujan sebagai sumber bekalan air alternatif di Malaysia*. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics—Integrating fish and plant culture*. Southern Regional Aquaculture Center.
- Rashid, R., & Hamzah, N. (2020). Application of water level sensor in automated water management system. *International Journal of Smart Technology*, 8(2), 21–27.