

Sistem Kawalan Empangan Berasaskan Sensor dan Pengaktifan Tadahan Simpanan Air

Sensor-Based Dam Control System with Automated Water Storage Activation

Khairul Ikhwan Mohd Nazri¹, Muhammad Fareez Danial Zahrin¹, Filza Hanani Fazelin¹, Hazirah Bujang^{1,2*}, Muhammad Azraie Abdul Kadir¹

¹ Department of Civil Engineering, Centre for Diploma Studies,

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 86400 Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Spatial Technology for Civil Engineering, Centre for Diploma Studies,

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 86400 Pagoh, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: hazirahb@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2026.07.02.027>

Maklumat Artikel

Diserah: 1 Mac 2026

Diterima: 1 Mei 2026

Diterbitkan: 30 Jun 2026

Kata Kunci

Empangan pintar, Sistem kawalan empangan, Pengaliran air automatik, Reka bentuk prototaip, Sensor paras air

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk merekabentuk sistem kawalan empangan secara automatik. Hal ini dapat mengurangkan risiko kerosakan struktur empangan dan mengawal pelepasan air secara teratur, secara tidak langsung sistem ini dapat mencegah banjir besar berlaku akibat kenaikan paras air yang melebihi tahap bahaya di empangan. Seteruannya, empangan yang dikawal secara manual atau sistem konvensional kurang efisien dalam memantau paras air, terutama ketika hujan lebat atau perubahan cuaca ekstrem. Ini meningkatkan risiko banjir dan ancaman keselamatan kepada penduduk sekitar. Oleh itu, sistem kawalan empangan berteknologi pintar dan sensor automatik amat diperlukan bagi mengesan dan mengawal paras air secara sistematik. Manakala, objektif kajian ini adalah untuk mereka bentuk dan menilai sistem kawalan empangan pintar berasaskan sensor yang mampu mengesan, mengawal dan memindahkan lebihan air secara automatik ke kawasan tadahan apabila paras air melebihi tahap bahaya. Di samping itu, kajian ini menggunakan kaedah reka bentuk prototaip dengan Arduino Uno, sensor paras air, servo motor dan buzzer untuk membina sistem kawalan empangan pintar yang mampu mengesan, memberi amaran dan mengalirkan lebihan air secara automatik. Hasil pengujian menunjukkan bahawa sistem kawalan empangan pintar yang dibangunkan berjaya mengesan paras air secara tepat, mengaktifkan amaran apabila mencapai tahap bahaya, dan mengawal aliran lebihan air ke kawasan tadahan secara automatik dan berkesan. Kesimpulannya, sistem empangan pintar ini berjaya mengesan, memberi amaran, dan mengawal aliran air secara automatik, sekali gus meningkatkan kecekapan dan keselamatan

pengurusan empangan.

Keywords

Smart dam, Dam control system, Automatic water discharge, Prototype design, Water level sensor

Abstract

This study aims to design an automatic dam control system to reduce the risk of dam damage and regulate water discharge systematically, thereby preventing major floods caused by sudden rises in water levels. Conventional manual or traditional dam control systems are inefficient in monitoring water levels, especially during heavy rain or extreme weather changes, increasing the risk of flooding and threats to nearby communities. Therefore, a smart dam control system equipped with automatic sensors is essential for systematic water level detection and control. The objective of this research is to design and evaluate a sensor-based smart dam control system capable of detecting, controlling, and transferring excess water automatically to a designated reservoir when water levels exceed danger thresholds. The study employs a prototype design method using Arduino Uno, water level sensors, servo motors, and buzzers to build a smart dam control system that can detect, alert, and automatically discharge excess water. The key findings show that the developed system accurately detects water levels, activates warnings at critical points, and effectively controls the flow of excess water to the reservoir automatically. In conclusion, this smart dam system successfully detects, alerts, and manages water flow automatically, thereby enhancing the efficiency and safety of dam management.

1. Pengenalan

Struktur empangan merupakan peranan penting dalam pelbagai aspek seperti pengurusan sumber air, penjanaan tenaga hidroelektrik dan kawalan banjir bagi sesebuah negara [1]. Empangan juga berfungsi sebagai bekalan air utama kepada penduduk yang berhampiran [2]. Namun begitu, apabila kapasiti air melebihi tahap maksimum, risiko terhadap empangan adalah tinggi. Tanpa pelepasan air secara teratur, empangan yang menerima air berlebihan mempunyai potensi yang tinggi dalam mengalami kerosakan struktur. Salah satu punca berlakunya pecahan empangan ialah fenomena “kepala air” [3]. Fenomena ini berlaku apabila paras air meningkat secara mendadak disebabkan hujan lebat yang berterusan, maka gelombang besar akan terjadi dan memberi tekanan ke atas empangan [3]. Oleh itu, sistem kawalan empangan yang dilengkapi dengan teknologi pintar serta sensor automatik diperlukan dengan segera bagi mengawal dan mengesan paras air secara sistematik. Hal ini disebabkan sistem kawalan empangan secara manual kurang relevan pada zaman kini kerana sistem ini tidak dapat membantu untuk menguruskan pengaliran dengan cekap jika tidak menggunakan sistem kawalan automatik [4]. Di Malaysia, sistem kawalan empangan yang digunakan adalah sistem SCADA [5]. Sistem ini juga menyediakan data masa nyata kepada sistem ramalan air masuk sekali gus membolehkan model-model melihat paras empangan terkini serta pelbagai nilai aliran keluar [5]. Oleh hal demikian, jika sistem SCADA ini berjaya digodam oleh pengganas, ia membolehkan mereka untuk memanipulasikan sepenuhnya sistem empangan tersebut dengan membuka pintu empangan serta melepaskan air yang berada dalam empangan secara mengejut [6]. Tindakan ini akan menjejaskan keselamatan penduduk kerana berlakunya banjir disebabkan sistem empangan yang telah digodam.

Seterusnya, pembangunan sistem kawalan automatik yang mampu memantau dan menyesuaikan operasi secara masa nyata menjadi penyelesaian utama dalam pengurusan empangan moden. Sistem ini direka untuk bertindak balas secara masa nyata terhadap perubahan paras air dengan mengaktifkan mekanisme pelepasan lebihan air secara automatik. Sistem kawalan empangan automatik memainkan peranan penting dalam menguruskan aliran air secara efisien, terutamanya ketika musim hujan yang berisiko tinggi kepada limpahan air [7]. Selain itu, kajian ini bertujuan untuk menilai keberkesanan sistem amaran bersensor bagi memastikan pemindahan air yang melebihi paras bahaya dapat dialirkan dengan cekap ke kawasan kolam tadahan. Selain itu, teknologi kawalan empangan kini melibatkan sistem berasaskan sensor dan automasi, di mana aras air dipantau secara berterusan dan sistem kawalan seperti pintu empangan akan bertindak balas secara automatik terhadap bacaan tersebut [8]. Sistem kawalan sensor juga mampu untuk memantau dan mengawal paras air dengan tepat, khususnya dalam keadaan perubahan iklim yang tidak menentu. Selain itu, sistem ini juga turut dilengkapi dengan mekanisme tadahan yang melepaskan air lebihan secara automatik ke kawasan tadahan

simpanan air apabila mencapai paras bahaya. Impak positif yang diperolehi oleh komuniti setempat adalah keselamatan komuniti akan lebih terjamin dengan adanya sistem automatik yang berkesan.

Di Malaysia, kejadian kegagalan empangan belum pernah berlaku secara besar-besaran. Namun begitu, memandangkan banyak empangan di negara ini telah beroperasi sejak sekian lama, pemerhatian serius perlu diberikan terhadap aspek keselamatan empangan bagi mencegah sebarang kemungkinan buruk pada masa akan datang [9]. Seiring dengan arus kemodenan, terdapat pelbagai jenis teknologi dan sensor yang dicipta seperti sensor pergerakan, suhu, bunyi dan sebagainya khususnya dalam kegunaan yang tertentu [10]. Sistem ini melibatkan Programmable Logic Controller (PLC) yang berperanan sebagai pusat kawalan utama. PLC adalah perkakasan yang dibina daripada beberapa komponen elektronik yang berfungsi sama seperti komputer dan kegunaannya sebagai sistem pengawal [11]. Sebagai contoh, jika paras air meningkat secara mendadak, PLC akan mengarahkan pintu air secara automatik untuk dibuka serta mengaktifkan saluran keluar bagi melepaskan air secara berperingkat. Kaedah ini membolehkan aliran air dikawal dengan cepat dan tepat tanpa keperluan intervensi manusia sekali gus meningkatkan tahap keselamatan empangan.

Sistem kawalan ini juga turut disokong oleh algoritma pintar yang berupaya meramalkan keadaan persekitaran dan keadaan cuaca. Data daripada sensor akan dihantar terus ke pusat kawalan sekali gus membolehkan pemantauan dilakukan secara masa nyata. Di samping itu, kajian ini sama seperti kajian sistem pemantauan berasaskan Internet of Things (IoT) yang semakin meluas digunakan dalam aplikasi pengurusan banjir kerana keupayaannya menghantar data masa nyata serta memberi amaran awal secara automatik kepada pengguna. Pada tahun 2021 sistem IoT ini dibangunkan bagi tujuan pemantauan banjir menggunakan sensor ultrasonik dan IoT yang dapat mengaktifkan siren dan menghantar notifikasi apabila paras air melebihi tahap bahaya [12]. Seterusnya, menurut kajian terdahulu, empangan dan kolam tadahan sangat penting dalam melindungi manusia dan harta benda dari banjir, menyediakan air dan menjana tenaga elektrik. Kaedah yang digunakan dalam kajian ini adalah pembangunan pendekatan simulasi dinamik sistem (SDSA), yang tergolong dalam kajian numerikal serta mengkaji kesan pelbagai keutamaan operasi terhadap prestasi sistem takungan, termasuk sektor pemendapan sedimen dan kestabilan tanah runtuh [13]. Selanjutnya, Pembangunan sistem automasi empangan turut mengambil kira aspek tindak balas masa nyata dan keupayaan mengelakkan bencana seperti limpahan air yang boleh menyebabkan banjir besar [14]. Secara keseluruhannya, dengan adanya sistem kawalan empangan berasaskan sensor dan pengaktifan tadahan air, empangan dapat beroperasi dengan lebih stabil dan cekap serta pengurusan air akan menjadi lebih fleksibel sekali gus boleh disesuaikan dengan keadaan semasa.

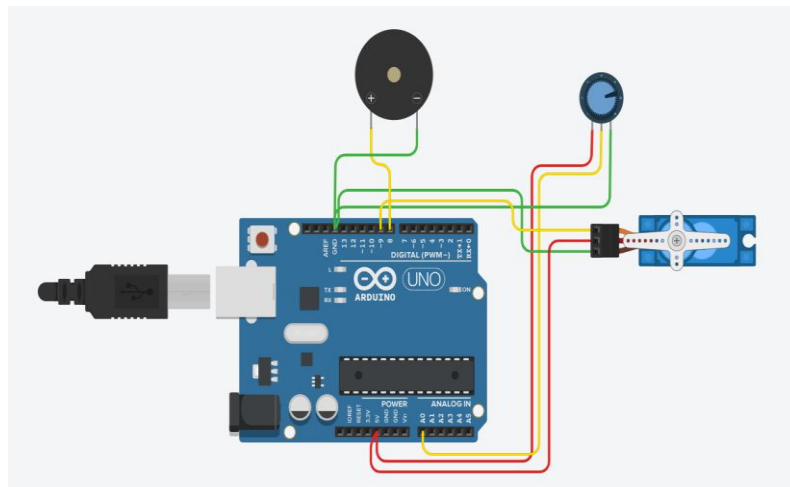
2. Metodologi

Proses metodologi dimulakan dengan reka bentuk awal sistem dan pembinaan prototaip empangan menggunakan komponen seperti sensor paras air, mikropengawal (Arduino Uno), servo motor dan buzzer. Di samping itu, Reka bentuk elektronik ini mengautomasikan dengan menggunakan Arduino Uno. Manakala, dalam sistem empangan pintar, sensor paras digunakan untuk mengesan paras air dan menghantar isyarat kepada pengawal mikro seperti Arduino, yang seterusnya mengaktifkan servo motor untuk membuka atau menutup pintu empangan secara automatik [15]. Rajah 1 (a) menunjukkan reka bentuk bersepadu ini termasuk sensor paras air, servo dan buzzer digabungkan dalam satu litar dan disambungkan ke arduino uno bagi tujuan pengaktifan komponen. Sensor paras air digunakan untuk membaca bacaan paras air [16]. Manakala servo dikawal oleh mikropengawal untuk membuka pintu ke kawasan tadahan apabila paras air melepasi tahap yang telah ditetapkan. Pada masa yang sama, penggera awal melalui buzzer dapat memberikan amaran awal kepada komuniti setempat dan pengurus empangan [17]. Hal ini kerana apabila berlakunya peningkatan aras air yang maksimum, siren secara automatik akan berbunyi supaya komuniti lebih berwaspada terhadap risiko banjir yang akan berlaku.

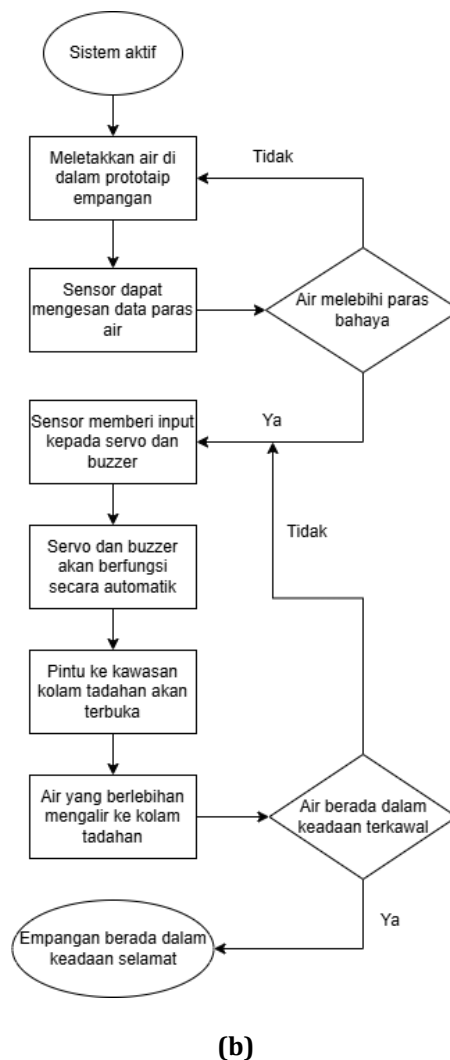
Seterusnya, pembangunan sistem kawalan empangan melibatkan pemrograman mikropengawal untuk menerima input daripada sensor dan mengaktifkan komponen secara automatik seperti servo untuk pembukaan pintu air dan penutupan pintu [18]. Manakala, Kaedah pengesahan sistem kawalan empangan pintar ini dijalankan bagi memastikan setiap komponen yang digunakan berfungsi dengan baik dan sistem secara keseluruhan mampu mencapai objektif yang telah ditetapkan. Pengesahan dilakukan secara berperingkat bermula daripada pengujian komponen sehinggalah kepada keseluruhan sistem yang beroperasi secara automatik. Pertama sekali, pengesahan dilakukan terhadap sensor paras air dengan menguji kebolehnya mengesan perubahan ketinggian air pada pelbagai aras. Sensor diletakkan pada kedudukan tertentu dan air ditambah secara berperingkat untuk memastikan bacaan yang dihasilkan adalah konsisten dan tepat mengikut perubahan aras air. Setelah itu, sistem diuji secara menyeluruh dengan menjalankan simulasi seperti kenaikan paras air secara mendadak. Dalam ujian ini, keseluruhan komponen disambungkan dan sistem dipantau bagi mengenal pasti sama ada pengesanan paras air, pengaktifan buzzer, dan pembukaan pintu tadahan air berlaku secara automatik dan serentak. Hasil ujian ini menentukan sama ada sistem boleh diterima dan sesuai digunakan bagi tujuan pemantauan dan pengurusan empangan secara automatik.

Selanjutnya, bagi proses pengujian sistem kawalan empangan ini dijalankan bagi memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik serta sistem mampu bertindak balas secara automatik terhadap perubahan paras air. Hal ini disebabkan paras permukaan air memberi kesan kepada hasil simulasi dan kualiti model [19]. Pengujian dilakukan secara berperingkat bermula dengan pengesahan fungsi sensor paras air yang dipasang pada model empangan. Sensor ini diuji dengan menambahkan air secara beransur-ansur ke dalam takungan sehingga mencapai paras ambang yang telah diprogramkan dalam sistem Arduino Uno. Apabila paras air melebihi had yang ditetapkan, sensor akan mengaktifkan servo motor yang bertindak sebagai mekanisme pembukaan pintu empangan [20]. Dalam masa yang sama, buzzer akan berbunyi sebagai isyarat amaran awal. Ujian ini dijalankan berulang kali dengan kenaikan paras air untuk memastikan tindak balas sistem adalah konsisten dan tepat. Data seperti masa tindak balas dan sensitiviti sensor dicatat untuk dianalisis. Di samping itu, Rajah 1 (b) merupakan carta alir yang menerangkan tentang keseluruhan proses ini berjalan.

Secara keseluruhannya, carta alir sistem kawalan empangan automatik yang dibangunkan berjaya menunjukkan aliran logik yang jelas dan sistematik dalam mengawal paras air secara automatik. Sistem ini mampu membaca paras air melalui sensor, membuat keputusan berdasarkan nilai ambang yang telah ditetapkan, dan seterusnya mengaktifkan komponen seperti servo motor dan buzzer tanpa campur tangan manual. Keupayaan sistem untuk bertindak balas secara berterusan terhadap perubahan paras air membuktikan keberkesanannya dalam mencegah limpahan atau banjir kecil secara awal. Oleh itu, sistem ini berpotensi untuk diaplikasikan dalam skala sebenar dengan pengubahsuaian dari segi saiz, kapasiti, dan jenis komponen elektronik.



(a)



Rajah 1 Proses pengujian prototaip (a) Litar Arduino bagi pengaktifan komponen; (b) Carta alir proses pengujian prototaip

3. Hasil dan Analisis

Sistem kawalan empangan berasaskan sensor dan pengaktifan tadahan simpanan air merupakan salah satu pendekatan teknologi moden yang boleh digunakan pada masa kini dalam usaha untuk meningkatkan keselamatan dan kecekapan pengurusan sumber air. Sistem ini berfungsi dengan sensor yang mengesan paras air secara berterusan dan memberi isyarat apabila paras air melebihi tahap bahaya. Sistem prototaip ini dilengkapi dengan buzzer yang bertindak sebagai siren amaran kepada penduduk sekitar dan pihak berkuasa apabila paras air berada pada paras yang boleh menyebabkan banjir dan sensor paras air yang digunakan sebagai pengesan paras air. Tambahan pula, terdapat juga servo sebagai penggerak pintu secara automatik apabila paras air meningkat sehingga melepasi tahap yang ditetapkan. Hal ini untuk membuktikan keberkesanan sistem dalam memberi amaran awal sekaligus menjaga struktur empangan.

3.1 Pengujian Model Empangan

Prototaip yang dibangunkan seperti dalam Rajah 2 merupakan prototaip sistem kawalan empangan berasaskan sensor yang berupaya menilai kecekapan sistem kawalan automatiknya. Ujian awal yang dilakukan menunjukkan bahawa sistem berfungsi dengan baik dalam mengesan perubahan aras air dan memberi tindak balas kepada servo untuk mengawal kawalan pintu empangan. Namun, ujian yang dilakukan terhadap sistem prototaip mendedahkan kelemahan pada struktur fizikal prototaip, khususnya kebocoran pada bahagian pintu empangan. Masalah kebocoran ini telah menjejaskan ketepatan bacaan sensor, sekali gus menyebabkan data yang diperolehi tidak dapat menggambarkan keadaan sebenar paras air dalam takungan empangan. Oleh itu, Cadangan penambahbaikan seperti penggunaan bahan pengedap kalis air telah dicadangkan bagi mengatasi masalah kebocoran yang menjejaskan ketepatan bacaan sensor. Walau bagaimanapun, kelemahan yang dikesan berpunca dari segi aspek fizikal, akan tetapi sistem sensor menunjukkan prestasi yang responsif dan konsisten.

Pengujian prototaip empangan menunjukkan bahawa sistem buzzer berfungsi dengan baik sebagai siren amaran apabila paras air melebihi tahap bahaya. Oleh itu, Jadual 1 menunjukkan data hidrologi dalam pengujian model prototaip.



Rajah 2 Hasil rekaan prototaip

Jadual 1 Data hidrologi

Bil	Paras Air (cm)	Paras Pintu Gerbang (cm)	Paras Air Dalam Kolam Tadahan (cm)	Huraian
1	10.9	9.7	1.11	Tekanan air lebih tinggi
2	10.6	9.7	0.08	Tekanan air lebih rendah
3	10.4	9.7	0	Air belum melepasi paras bahaya

Data yang diperolehi menunjukkan bahawa terdapat perbezaan pada tekanan air terhadap perubahan paras air. Apabila tinggi paras air mencapai 10.9 cm dalam model empangan, jumlah air yang mengalir ke kolam takungan adalah setinggi 1.11 cm. Hal ini menyebabkan pengaliran air yang keluar daripada pintu gerbang telah memberikan tekanan air yang tinggi pada bahagian pintu model. Manakala, ketika paras air dalam model berada pada tinggi 10.6 cm dan paras air dalam kolam takungan 0.08 cm data yang diperolehi menunjukkan tekanan air yang dikenakan pada bahagian pintu adalah lebih rendah. Tambahan pula, bagi paras air 10.4 cm pula tiada tekanan yang diterima kerana masih belum melepasi paras bahaya yang ditetapkan. Oleh itu, tekanan air pada struktur model berkadar langsung dengan ketinggian paras air.

3.2 Keberkesanan Kawalan Sistem Pintar

Dengan mengaplikasikan sistem kawalan pintar pada empangan membolehkan pemantauan masa nyata dijalankan secara automatik tanpa menggunakan tenaga kerja dari manusia. Pemantauan paras air juga akan menjadi lebih jitu dengan keberkesanan sensor yang digunakan pada empangan. Oleh itu, jumlah limpahan air yang berlaku ketika hujan lebat dapat diminimumkan agar banjir dapat dielakkan. Ujian yang dijalankan untuk menguji masa tindak balas sensor untuk mengesan paras air dan tempoh masa servo akan berfungsi. Jadual 2 menunjukkan data ujian sistem kawalan pintar.

Jadual 2 Data ujian sistem kawalan pintar

Bil	Paras Air Dalam Model (cm)	Tempoh Tidak balas sensor (s)	Masa Buzzer Berbunyi (s)	Komen
1	10.8	1	3.34	Sistem berjaya dan berfungsi pada masa yang diperlukan
2	13.1	3	0	Air melimpah keluar
3	13.1	5	0	Air melimpah keluar

Berdasarkan data yang diperolehi, apabila masa tindak balas sensor ditetapkan pada 1 saat melalui proses pengaturcaraan, paras air dalam model berjaya dikurangkan, manakala masa tindak balas 3 dan 5 saat pula air tidak dapat dipindahkan sekaligus air melimpah keluar. Hal ini kerana paras air telah melebihi paras air yang maksimum dalam model. Rajah 3 menunjukkan hubungan antara masa tindak balas sensor dengan tempoh servo berfungsi yang membezakan sama ada servo berfungsi dengan baik atau tidak.



Rajah 3 Graf tempoh servo berfungsi

Berdasarkan Rajah 3, graf menunjukkan bahawa masa tindak balas sensor yang cepat, iaitu 1 saat membolehkan servo berfungsi dengan efisien dan paras air dapat dikurangkan dengan berkesan. Sebaliknya, masa tindak balas sensor yang lambat, iaitu 3 dan 5 saat menyebabkan servo tidak sempat berfungsi dengan baik, sekali gus menyebabkan paras air melebihi tahap maksimum dan air melimpah keluar. Ini membuktikan kepentingan masa tindak balas yang optimum dalam sistem kawalan empangan.

3.3 Keberkesanan Kawalan Amaran Bersensor

Sistem amaran bersensor memainkan peranan penting dalam memastikan mengesan awal limpahan air. Tindak balas sensor terhadap perubahan paras air diuji dan dinilai dari aspek kelajuan dan ketepatan. Jadual 3 merupakan data ujian sistem amaran bersensor untuk menguji keberkesanan buzzer dalam sistem kawalan empangan. Manakala, Rajah 4 pula menunjukkan masa buzzer berbunyi bagi setiap perubahan masa tindak balas sensor.

Jadual 3 Data ujian sistem amaran bersensor

Bil	Paras Air Dalam Model (cm)	Tempoh Tidak balas (s)	Masa Buzzer Berbunyi (s)	Komen
1	10.6	0.46	3.36	Berjaya
2	10.6	0.63	1.99	Berjaya
3	10.6	0.75	0	Gagal

Berdasarkan data ujian sistem amaran bersensor, Jadual 3 menunjukkan dua daripada tiga ujian berjaya menunjukkan tindak balas dalam lingkungan 1 hingga 3 saat dengan buzzer berbunyi antara 1.99 hingga 3.36 saat. Ini membuktikan kecekapan sistem dalam memberi amaran awal. Namun, kegagalan satu ujian menunjukkan kelambatan dalam memberi tindak balas boleh menyebabkan air melimpah sebelum buzzer berbunyi.



Rajah 4 Graf tindak balas sensor

Graf menunjukkan hubungan antara masa tindak balas dengan masa buzzer berbunyi. Berdasarkan graf tersebut, kajian dapat mengenalpasti bahawa semakin lama masa tindak balas, semakin singkat masa buzzer

berbunyi. Sebagai contoh, apabila masa tindak balas adalah 0.46 saat, buzzer hanya berbunyi selama 3.36 saat. Namun, apabila masa tindak balas meningkat kepada 0.75 saat, buzzer tidak sempat berbunyi langsung. Ini menunjukkan bahawa sistem amaran berfungsi dengan lebih baik apabila ia dapat bertindak balas dengan cepat. Sekiranya tindak balas sistem lambat, buzzer mungkin tidak sempat berbunyi sebelum air melimpah. Oleh itu, masa tindak balas yang cepat sangat penting bagi memastikan sistem dapat memberi amaran awal dan mencegah kejadian yang tidak diingini.

4. Kesimpulan

Projek sistem kawalan empangan berasaskan sensor ini berjaya dibangunkan bagi meningkatkan kecekapan pengurusan aliran air secara automatik dan responsif. Dengan menggunakan gabungan sensor paras air, Arduino Uno, motor servo dan buzzer, sistem ini mampu mengesan perubahan paras air dan mengawal pintu empangan secara automatik bagi mengurangkan risiko banjir serta memaksimumkan penggunaan sumber air. Sistem ini bukan sahaja membantu dalam mengawal paras air secara lebih efisien, malah mampu memberi amaran awal menggunakan buzzer sekiranya berlaku kenaikan air yang mendadak. Hasil daripada kajian dan ujian yang dijalankan membuktikan sistem ini berfungsi dengan baik, akan tetapi struktur pada bahagian pintu ke kawasan kolam tadahan terdapat sedikit kebocoran yang mengganggu proses pengambilan data. Di samping itu, graf menunjukkan bahawa masa tindak balas yang cepat membolehkan sistem yang lain seperti servo dan buzzer berfungsi dengan lebih efektif untuk mengurangkan paras air. Sebaliknya, masa tindak balas yang lambat menyebabkan sistem gagal mengawal air dengan baik, sehingga berlaku limpahan. Ini membuktikan bahawa masa tindak balas yang pantas sangat penting dalam memastikan keberkesanan sistem kawalan empangan.

Penghargaan

Para penulis juga ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang telah diberikan.

Konflik Kepentingan

Pengarang mengisytiharkan bahawa tiada sebarang konflik kepentingan berkaitan dengan penerbitan kertas ini.

Sumbangan Penulis

Para penulis mengesahkan sumbangan mereka terhadap kertas kerja ini seperti berikut: **Perancangan awal dan reka bentuk kajian:** Hazirah Bujang, Khairul Ikhwan Mohd Nazri, Muhammad Fareez Danial Zahrin, Filza Hanani Fazelin; **Pengumpulan data:** Khairul Ikhwan Mohd Nazri, Muhammad Fareez Danial Zahrin, Filza Hanani Fazelin; **Analisis dan tafsiran keputusan:** Hazirah Bujang, Khairul Ikhwan Mohd Nazri, Muhammad Fareez Danial Zahrin, Filza Hanani Fazelin; **Penyediaan draf manuskrip:** Khairul Ikhwan Mohd Nazri, Muhammad Fareez Danial Zahrin, Filza Hanani Fazelin. Semua penulis telah menyemak keputusan dan meluluskan versi akhir manuskrip.

Rujukan

- [1] N. Ismail, "Issues and challenges toward a sustainable dam management system in Selangor, Malaysia," Ph.D. dissertation, Univ. of Malaya, Malaysia, 2017.
- [2] M. H. B. R. Aznn, "Integrated assessment of the Klang River water quality for environmental management," Ph.D. dissertation, Universiti Malaysia Pahang, 2017.
- [3] M. B. M. Nasir, "Kajian masalah fenomena kepala air di kawasan Hulu Langat," 2023.
- [4] M. S. Patil, J. Suryavanshi, A. Shaikh, and R. Hatagale, "A real time flood alert system for dam," 2019.
- [5] H. Basri, L. M. Sidek, L. H. C. Chua, A. A. Razad, and M. S. Kamarulzaman, "Hydrometeorological monitoring for hydropower reservoirs in remote areas," in IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, vol. 257, no. 1, p. 012009, Apr. 2019.
- [6] M. A. Basri and N. Abdul Manap, "Keganasan siber: Suatu pengenalan," Journal Current Legal Issues, vol. 1, pp. 1–15, 2017.
- [7] A. M. Yusof, S. H. A. Halim, and M. F. Ismail, "Dam break flood simulation using CCHE2D_FLOOD," Malaysian Journal of Civil Engineering, vol. 27, no. 2, pp. 150–162, 2015.
- [8] J. W. Lim, "IoT-based water level detection system using ultrasonic sensor and buzzer alarm," in Proc. IEEE Symp. Robotics and Applications, 2018.
- [9] K. G. Dam and N. B. Z. Abidin, "Dam break flood inundation modelling," 2015.
- [10] H. A. Hamizan, A. Y. Ahmad, S. A. Roslan, and M. H. Sanusi, "Sistem kawalan lampu, paras air dan kunci pintu di dalam tandas awam," Multidisciplinary Applied Research and Innovation, vol. 3, no. 2, pp. 331–335, 2022.

- [11] M. A. Hamzah, A. Shamsudin, F. Ismail, M. N. Atan, and A. A. Rahman, "Universal programmable logic controller software," INIS-MY--2014-069, 2013.
- [12] M. N. M. Daud and N. A. A. Bakar, "Development of flood monitoring system using ultrasonic sensor and IoT," Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, vol. 13, no. 1, pp. 56–61, 2021.
- [13] H. Jiang, S. P. Simonovic, Z. Yu, and W. Wang, "A system dynamics simulation approach for environmentally friendly operation of a reservoir system," Journal of Hydrology, vol. 587, p. 124971, 2020.
- [14] Y. J. Lee, S. M. Ong, and S. H. Tan, "Real-time water level detection using ESP32-CAM and OpenCV for early flood warning," International Journal of Smart Sensor Technologies, vol. 12, no. 2, pp. 45–53, 2024.
- [15] [15] S. M. Syed Zaifudin, M. F. Mohd Nor, and A. M. Zulkifli, "Development of river water monitoring system using flow and float sensors integrated with ESP32," Journal of IoT and Embedded Systems, vol. 9, no. 1, pp. 21–30, 2024.
- [16] S. S. Siddula, P. C. Jain, and M. D. Upadhayay, "Real time monitoring and controlling of water level in dams using IoT," in Proc. IEEE 8th Int. Advance Computing Conf. (IACC), pp. 14–19, Dec. 2018.
- [17] M. F. M. Zin, F. Z. Kamal, S. I. Ismail, K. S. S. K. M. Noh, and A. H. Kassim, "Development of dam controller technology water level and alert system using Arduino UNO," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 31, pp. 1342–1349, 2023.
- [18] S. S. Siddula, P. Babu, and P. C. Jain, "Water level monitoring and management of dams using IoT," in Proc. 3rd Int. Conf. Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), pp. 1–5, Feb. 2018.
- [19] M. H. Qaiss and T. M. Ayad, "Impact of initial water level on dam break flood wave simulation," Journal of Hydrologic Modelling, vol. 13, no. 1, pp. 77–85, 2024.
- [20] A. W. Hidayat, I. Sulistiyowati, A. Wicaksono, and S. Syahririni, "Hybrid system prototype for dam water level control system to irrigating rice fields," Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, vol. 6, no. 1, pp. 25–33, 2024.