



Rancang Bangun Pintu Intake Irigasi Berbasis Mikrokontroler dan IoT (*Internet of Things*) Pada Kondisi Pengolahan Tanah di Subak

Design of Irrigation Intake Gates Based on Microcontrollers and IOT (Internet of Things) in Land Cultivation Conditions in Subak

Oktoberlin Sahat Marulitua Silalahi, I Putu Gede Budisanjaya*, I Wayan Tika

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

ABSTRAK

Irigasi merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung keberhasilan pertanian, yang termasuk pada sistem tradisional Subak di Bali. Namun, pengelolaan air pada Subak masih didominasi metode manual yang kurang efisien dan berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan distribusi air. Penelitian ini bertujuan merancang bangun pintu intake irigasi berbasis mikrokontroler ESP32 dan *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan efisiensi pengelolaan air, khususnya pada tahap pengolahan tanah. Sistem dirancang menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketinggian air, motor stepper NEMA 17 sebagai aktuator, serta aplikasi *Blynk* sebagai antarmuka kontrol manual maupun otomatis. Hasil pengujian menunjukkan sensor mampu membaca ketinggian air dengan rata-rata akurasi 98,77% dan tingkat kesalahan 1,23%. Pintu irigasi dapat beroperasi secara otomatis sesuai ketinggian air maupun manual melalui aplikasi *Blynk* tanpa keterlambatan signifikan. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mengurangi beban kerja petani, meningkatkan presisi distribusi air, serta menunjukkan potensi integrasi teknologi IoT dalam mendukung sistem irigasi tradisional menuju konsep pertanian cerdas (*smart farming*) yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Irigasi, IoT, Mikrokontroler, Pintu Irigasi, Subak

ABSTRACT

Irrigation is one of factor in supporting agricultural success, including in Bali's traditional Subak system. However, water management in Subak is still dominated by manual methods, which are less efficient and may lead to imbalances in water distribution. This study aims to design and develop an irrigation intake gate based on the ESP32 microcontroller and the Internet of Things (IoT) to improve water management efficiency, particularly during land preparation. The system was designed using an HC-SR04 ultrasonic sensor to monitor water levels, a NEMA 17 stepper motor as the actuator, and the Blynk application as both manual and automatic control interfaces. The test results showed that the sensor was able to measure water levels with an average accuracy of 98.77% and an error rate of 1.23%. The irrigation gate could operate automatically according to water levels or be manually controlled through the Blynk application without significant delay. The implementation of this system is expected to reduce farmers' workload, increase the precision of water distribution, and demonstrate the potential of IoT integration in supporting traditional irrigation systems toward sustainable smart farming.

Keywords: Irrigation, IoT, Microcontroller, Irrigation Gate, Subak

PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya air dalam pertanian masih menghadapi banyak kendala, terutama pada daerah aliran sungai yang membutuhkan strategi berkelanjutan agar produksi tetap stabil (Dharma, Astawa, & Utama, 2019). Salah satu sistem irigasi tradisional yang terkenal di Indonesia adalah Subak di Bali, yang telah diakui sebagai warisan budaya dunia karena mampu mengintegrasikan aspek sosial, budaya, dan teknis dalam pengelolaan air (Suwena & Wiana, 2016). Namun, secara

*Corresponding author:

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia.

Email: budisanjaya@unud.ac.id

Masuk: 16 Juli 2025;

Direvisi: 17 Juli 2025;

Diterima: 20 Nopember 2025;

Terbit: 30 April 2026

konvensional Subak masih mengandalkan kontrol manual sehingga distribusi air sering tidak merata (Putra, 2017). Seiring perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan otomatisasi dalam pengelolaan irigasi (Kusnadi, 2019; Zhou, Li, & Chen, 2020).

Meskipun Subak memiliki nilai budaya dan sistem pengelolaan air yang unik, tantangan modern menuntut adanya inovasi dalam distribusi air agar lebih presisi dan efisien. Ketergantungan pada metode manual seringkali menyebabkan pemborosan air atau bahkan kekurangan pasokan di lahan tertentu, yang pada akhirnya dapat menurunkan produktivitas pertanian (Subak Museum Bali, 2021). Kondisi ini sejalan dengan temuan Diarini dan Maghfiroh (2017), bahwa pelaksanaan operasi dan pemeliharaan irigasi di lapangan masih belum optimal karena keterbatasan sumber daya manusia dan pengawasan yang tidak konsisten.

Dalam menjawab tantangan tersebut, teknologi otomatisasi berbasis mikrokontroler dan IoT dipandang mampu memberikan solusi nyata. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara real-time serta memberikan kontrol otomatis yang lebih akurat dibandingkan pengelolaan manual (Ahmad, 2011; Kumar, Singh, & Yadav, 2019). Penerapan IoT dalam pertanian terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mengurangi beban kerja petani (Yuliana & Hidayat, 2022). Selain itu, pengembangan smart farming di Indonesia juga dianggap sebagai langkah penting dalam mendukung keberlanjutan pertanian di masa depan (Prawira, 2021; Yuliani, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun pintu intake irigasi berbasis mikrokontroler ESP32 dan Internet of Things (IoT) yang dapat meningkatkan efisiensi distribusi air pada lahan pertanian, khususnya dalam sistem Subak di Bali. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara otomatis berdasarkan data sensor ultrasonik sekaligus dapat dikendalikan secara manual melalui aplikasi smartphone. Dengan adanya inovasi ini, diharapkan distribusi air dapat lebih merata, beban kerja petani berkurang, serta pengelolaan Subak dapat bertransformasi menuju pertanian cerdas (smart farming) yang berkelanjutan (Singh, 2015; Susanto & Lestari, 2018; Suryani & Anwar, 2021).

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem dan Manajemen Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Sudirman. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024 sampai dengan bulan Juni 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tang, solder, gergaji besi, gunting, meteran, penggaris, besi holo, penggaris siku, motor *stepper* nema 17, akrilik, kabel jumper (male/female), baut, sensor HC-SR04, LCD i2c 16x2, ESP32 shield , driver a4988, power supply 5V 2.5A, EELIC Linear nema 17, kabel mikro USB, laptop, perangkat lunak *blynk* , perangkat lunak arduino IDE, perangkat lunak sketch up.

Rancangan Pintu Irigasi Berbasis Mikrokontroler dan IOT

Rancangan Fungsional dan Struktural

Rancangan fungsional menjelaskan fungsi dari pada komponen yang akan digunakan dalam merancang sistem kontrol. Perangkat keras dari pada sistem kontrol ini akan dibuat berdasarkan blok diagram . Pada rancang bangun sistem kontrol pointu irigasi otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT(Internet of Things) menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ini digunakan untuk membaca ketinggian air pada saluran irigasi sawah. Data hasil pengukuran sensor akan diterima

dan diproses oleh mikrokontroler Esp32 kemudian data akan ditampilkan pada LCD 16X2 I2C sebagai output dan di kirim aplikasi *blynk* pada smartphone melalui modul wifi .



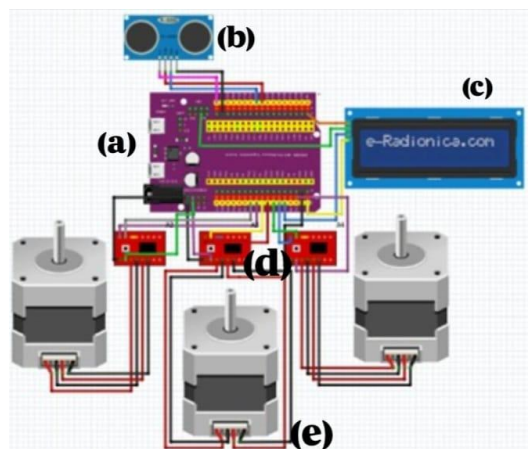
Gambar 1. Desain Pintu Irigasi Berbasis Mikrokontroler dan IOT

Pada pengaplikasiannya secara nyata, perintah untuk membuka atau menutup semua pintu bisa dilakukan secara manual lewat aplikasi *blynk* dan akan diberikan tergantung pada situasi ataupun kondisi yang terjadi.

Rancangan struktural perangkat keras menggunakan mikrokontroler Esp32. Penggunaan jenis mikrokontroler tersebut dikarenakan pada sistem ini akan mengendalikan pintu irigasi melalui aplikasi *blynk* pada smartohone Pada rancangan ini juga memakai modul Esp32 board shield yang diperlukan untuk menambah jumlah pin) yang diperlukan dikarenakan jumlah pin pada Esp32 tidak cukup untuk menghubungkan semua komponen yang dipakai.

Pada perangkat keras pintu irigasi menggunakan motor *stepper* yang digerakkan oleh driver A498. Pemilihan motor *stepper* dikarenakan motor ini dapat memutar sebesar 3600 sehingga dapat menggerakkan pintu irigasi dengan baik. Motor *stepper* dan driver A498 dapat bekerja dengan diberikan daya sebesar 5V dimana nantinya akan dihubungkan ke power supply 5v. Motor *stepper* dan Driver A498 di hubungkan pada modul Esp32 board shield yang telah terhubung dengan Esp32

Untuk menampilkan data sensor yang diproses oleh ESP32, digunakan LCD I2C dengan ukuran 16x2 untuk menampilkan data tersebut. LCD I2C terhubung pada Esp32 board shield dengan diberi daya sebesar 5V. Adapun rangkaian perangkat keras sistem dapat dilihat pada gambar 2.

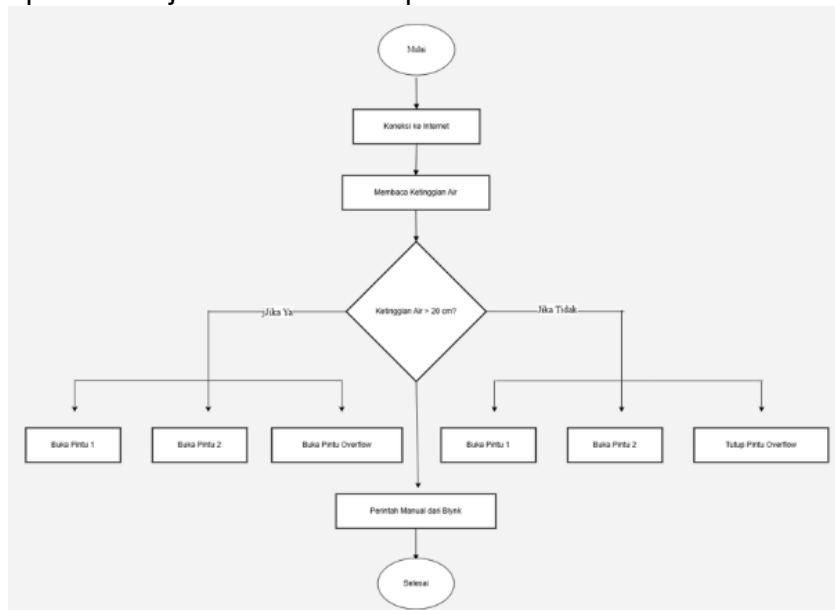


Gambar 2. Rangkaian Breadboard Perangkat Keras

Keterangan : a) ESP32, b) Sensor HC-SR04, c) LCD i2C 16x2, d) Driver A498, e) Motor Stepper

Rancangan Perangkat Lunak Sistem

Berikut merupakan diagram alir pada sistem kontrol irigasi pada penelitian ini. Seluruh data yang di setting oleh unit input akan dijalankan oleh unit proses.



Gambar 3. Diagram Alir Software

Uji Fungsi

Perancangan pengujian dilakukan untuk mengetahui kerja masing-masing komponen serta alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- **Pengujian Motor Stepper.** Pengujian motor *stepper* dilakukan dengan cara melihat respon dari ketiga motor *stepper* ketika diberikan perintah melalui aplikasi *blynk*.
- **Pengujian Sensor.** Pengujian sensor dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan pengukuran menggunakan penggaris.
- **Pengujian Keseluruhan.** Pengujian keseluruhan dilakukan dengan cara mengukur ketinggian air menggunakan sensor HC-SR04 kemudian hasil pengukuran akan di kirim ke *blynk* melalui modul ESP32. Lalu ketiga pintu akan bergerak setelah diberi perintah melalui *blynk*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rangkaian Perangkat Keras



Gambar 1. Rancang Bangun Pintu irigasi

Hasil dari rancangan sistem adalah sebuah rancang bangun pintu irigasi yang dapat dilihat pada Gambar 4. yang terdiri dari unit kontrol, unit sensor, aktuator dan unit *input*. Pada unit kontrol terdiri dari Esp32 yang dihubungkan pada *Board Esp32 Shield* sebagai mikrokontroler. Unit sensor terdiri dari sensor HC-SR04 untuk menghitung permukaan air yang berada pada jalur irigasi. Unit pemantau terdiri dari LCD I2C 16x2. Aktuator 3 buah motor *stepper* Nema 17 untuk membuka atau menutup pintu irigasi..Unit *input* terdiri dari aplikasi *blynk* yang berfungsi sebagai memasukan perintah seperti membuka atau menutup pintu irigasi. Perancangan dan pembangunan pintu irigasi

Pengujian Fungsi

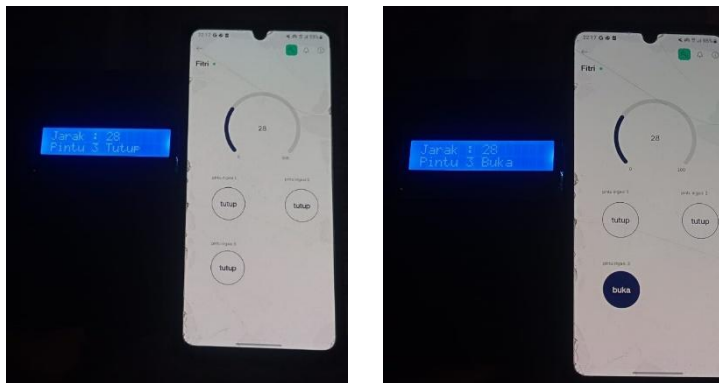
1. Sensor HC-SR04 dan Motor Stepper

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor HC-SR04 dan Motor Stepper

No	Ketinggian Manual (cm)	Air Ketinggian Sensor (cm)	Air Error (%)	Akurasi (%)	Pintu 1	Pintu 2	Pintu Overflow
1	18	17,8	1,11	98,89	Terbuka	Terbuka	Tertutup
2	22	22,3	1,36	98,64	Tertutup	Tertutup	Terbuka
3	20	19,7	1,50	98,50	Terbuka	Terbuka	Tertutup
4	25	24,8	0,80	99,20	Tertutup	Tertutup	Terbuka
5	15	15,1	0,67	99,33	Terbuka	Terbuka	Tertutup
6	21	21,5	2,38	97,62	Tertutup	Tertutup	Terbuka
7	19	19,2	1,05	98,95	Terbuka	Terbuka	Tertutup
8	23	22,9	0,43	99,57	Tertutup	Tertutup	Terbuka
9	18	17,7	1,67	98,33	Terbuka	Terbuka	Tertutup
10	26	26,4	1,54	98,46	Tertutup	Tertutup	Terbuka
11	17	16,9	0,59	99,41	Terbuka	Terbuka	Tertutup
12	22	21,7	1,36	98,64	Tertutup	Tertutup	Terbuka
13	19	18,8	1,05	98,95	Terbuka	Terbuka	Tertutup
14	21	21,3	1,43	98,57	Tertutup	Tertutup	Terbuka
15	16	15,8	1,25	98,75	Terbuka	Terbuka	Tertutup
16	25	24,9	0,40	99,60	Tertutup	Tertutup	Terbuka
17	18	17,5	2,78	97,22	Terbuka	Terbuka	Tertutup
18	24	24,2	0,83	99,17	Tertutup	Tertutup	Terbuka
19	20	20,1	0,50	99,50	Terbuka	Terbuka	Tertutup
20	23	22,8	0,87	99,13	Tertutup	Tertutup	Terbuka
21	15	15,3	2,00	98,00	Terbuka	Terbuka	Tertutup
22	22	21,9	0,45	99,55	Tertutup	Tertutup	Terbuka
23	19	19,3	1,58	98,42	Terbuka	Terbuka	Tertutup
24	25	24,6	1,60	98,40	Tertutup	Tertutup	Terbuka
25	16	16,1	0,63	99,37	Terbuka	Terbuka	Tertutup
26	21	20,8	0,95	99,05	Tertutup	Tertutup	Terbuka
27	18	18,2	1,11	98,89	Terbuka	Terbuka	Tertutup
28	23	22,9	0,43	99,57	Tertutup	Tertutup	Terbuka
29	20	19,7	1,50	98,50	Terbuka	Terbuka	Tertutup
30	24	24,4	1,67	98,33	Tertutup	Tertutup	Terbuka
Rata-rata			1,23	98,77			

Berdasarkan tabel 1, menunjukkan bahwa sistem sensor HC-SR04 dan motor stepper bekerja dengan rata-rata akurasi sensor lebih dari 98,77% dan error 1,23%.

2. LCD I2C 16x2



Gambar 7. Tampilan LCD saat Standby

LCD mampu memberikan informasi ketinggian air dan status pintu ketika tertutup atau terbuka.

3. Aplikasi Blynk

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor HC-SR04 dan Motor Stepper

No	Nama Tombol	Fungsi	Kondisi Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Buka Pintu 1	Membuka pintu irigasi 1	Tombol "Buka" pada Pintu 1 ditekan	Berhasil	Pintu 1 berhasil dibuka
2	Tutup Pintu 1	Menutup pintu irigasi 1	Tombol "Tutup" pada Pintu 1 ditekan	Berhasil	Pintu 1 berhasil ditutup
3	Buka Pintu 2	Membuka pintu irigasi 2	Tombol "Buka" pada Pintu 2 ditekan	Berhasil	Pintu 2 berhasil dibuka
4	Tutup Pintu 2	Menutup pintu irigasi 2	Tombol "Tutup" pada Pintu 2 ditekan	Berhasil	Pintu 2 berhasil ditutup
5	Buka Pintu 3	Membuka pintu irigasi 3	Tombol "Buka" pada Pintu 3 ditekan	Berhasil	Pintu 3 berhasil dibuka
6	Tutup Pintu 3	Menutup pintu irigasi 3	Tombol "Tutup" pada Pintu 3 ditekan	Berhasil	Pintu 3 berhasil ditutup

Berdasarkan dari hasil pengujian pada aplikasi *blynk*, semua tombol berfungsi sesuai dengan yang diinginkan untuk memberikan perintah secara manual dan menampilkan hasil pengukuran sensor HC-SR04.

KESIMPULAN

Sistem pintu irigasi yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor HC-SR04, *driver* a4988 dan motor *stepper* NEMA 17 berhasil meningkatkan efisiensi pengelolaan air irigasi. Sistem ini mampu beroperasi secara manual melalui aplikasi *Blynk* dan secara otomatis berdasarkan data sensor. Sistem ini dapat mengurangi beban kerja manual petugas irigasi dengan menyediakan pengendalian jarak jauh dan pengaturan otomatis yang presisi sesuai dengan kondisi ketinggian air. Sensor HC-SR04 menunjukkan kinerja dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 98–99% dalam mengukur ketinggian air dibandingkan dengan alat ukur manual. *Error* rata-rata pengukuran hanya berkisar ± 1 cm. Aplikasi *Blynk* berfungsi dengan baik sebagai antarmuka pengendalian sistem. Semua perintah yang diberikan melalui *Blynk*, baik untuk kontrol manual maupun otomatis, berhasil dijalankan tanpa adanya keterlambatan yang signifikan.

Saran

Meskipun akurasi HC-SR04 cukup baik, penggunaan sensor dengan tingkat presisi lebih tinggi, seperti sensor ultrasonik industrial atau sensor tekanan, dapat meningkatkan akurasi pengukuran

ketinggian air. Untuk meningkatkan ketahanan sistem dalam kondisi lapangan, disarankan untuk melindungi perangkat keras seperti mikrokontroler, motor *stepper*, dan sensor dari paparan cuaca ekstrem dengan casing tahan air dan debu. Aplikasi *Blynk* dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis jika ketinggian air mencapai batas kritis, atau dengan menyertakan grafik histori data ketinggian air. Agar lebih ramah lingkungan, sistem dapat ditenagai dengan panel surya, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber daya listrik konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T. (2011). Penerapan teknologi otomatisasi pada sistem irigasi pertanian. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 45–53.
- Dharma, I. G. B. S., Astawa, I. N., & Utama, I. M. (2019). Pengelolaan sumber daya air pada daerah aliran sungai untuk keberlanjutan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(2), 101–110.
- Diarini, N. P., & Maghfiroh, S. (2017). Evaluasi pelaksanaan operasi dan pemeliharaan irigasi di daerah aliran sungai. *Jurnal Irigasi*, 12(1), 33–41.
- Kusnadi, D. (2019). *Internet of things: Konsep dan implementasi*. Informatika.
- Kumar, N., Singh, P., & Yadav, R. (2019). IoT based smart irrigation system for precision agriculture. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 10(5), 1–6.
- Prawira, D. (2021). Implementasi smart farming untuk peningkatan efisiensi pertanian. *Jurnal Inovasi Teknologi Pertanian*, 5(1), 22–30.
- Putra, A. A., & Santosa, B. (2020). Rancang bangun sistem irigasi otomatis berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(3), 145–154.
- Putra, I. M. (2017). Pengelolaan sistem irigasi Subak di Bali: Studi kasus pada Subak Sanggulan. *Jurnal Pertanian Tropik*, 4(3), 201–210.
- Singh, R. (2015). Automatic irrigation system using ultrasonic sensor and IoT. *Journal of Agricultural Engineering and Technology*, 4(2), 45–52.
- Subak Museum Bali. (2021). *Sistem irigasi tradisional Subak*. Pemerintah Provinsi Bali.
- Susanto, E., & Lestari, H. (2018). Analisis kinerja sensor ultrasonik HC-SR04 pada pengukuran jarak. *Jurnal Elektro*, 10(2), 67–72.
- Suryani, T., & Anwar, K. (2021). Desain sistem kontrol motor *stepper* untuk aplikasi industri. *Jurnal Mekatronika*, 3(2), 55–62.
- Suwena, I. K., & Wiana, I. N. (2016). Subak as world cultural heritage: Challenges and opportunities. *Journal of Bali Studies*, 6(2), 125–139.
- Yuliana, M., & Hidayat, S. (2022). Penerapan IoT dalam pengelolaan sumber daya air. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*.
- Yuliani, N. P. (2021). Pengembangan smart farming berbasis IoT pada lahan sawah. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 55–63.
- Zhou, J., Li, W., & Chen, Y. (2020). Application of Internet of Things in modern agriculture irrigation system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105613.