

Revolusi Pertanian Cerdas Melalui Teknologi Multi Sensor Berbasis IoT

Melky Radja*¹, Anastasia Mude²

^{1,2} Jurusan Sistem Informasi, Universitas Flores, Ende
e-mail: *¹Melky.radjastudy@gmail.com, ²anastasia.mude@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan populasi yang pesat telah menciptakan lonjakan permintaan terhadap hasil pertanian, memaksa para petani untuk meningkatkan produktivitas mereka. Namun, tantangan yang dihadapi tidaklah ringan; produksi hasil pertanian yang optimal memerlukan sumber daya tenaga kerja dan biaya yang signifikan. Sistem kerja manual, seperti pengendalian irigasi dan pemantauan nutrisi tanaman, sering kali menghabiskan waktu dan biaya yang tidak sebanding dengan hasil yang diperoleh. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini mengusulkan penerapan teknologi pertanian cerdas (smart agriculture) dalam sektor pertanian. Teknologi ini diharapkan dapat menjawab berbagai tantangan yang ada dan meningkatkan hasil produksi dengan biaya yang lebih efisien. Metode penelitian yang digunakan melibatkan penerapan multi sensor pada lahan pertanian untuk memantau kondisi seperti kelembapan tanah, pengairan, dan nutrisi tanaman. Setiap sensor terhubung ke kontroler yang memproses data dan mengeluarkan perintah otomatis untuk tugas-tugas seperti pengairan, pengecekan nutrisi dalam air, dan pengelolaan volume persediaan air irigasi. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini mencakup sistem irigasi otomatis yang efisien dalam penghematan sumber daya air, pengelolaan nutrisi yang terjaga secara otomatis, peningkatan hasil produksi, serta akses langsung bagi petani untuk memantau kondisi lahan melalui perangkat mobile. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi merevolusi cara bertani dan meningkatkan keberlanjutan sektor pertanian.

Kata kunci — Smart Farming, Sensor, Irigasi otomatis, IoT.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, banyak petani telah berevolusi dari menggunakan metode pertanian konvensional menuju sistem pertanian berteknologi[1]. Teknologi pertanian 4.0 adalah fase pertanian di mana praktik, metode, dan teknik digabungkan dan mengintegrasikan teknologi digital, termasuk Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dan internet. Pemanfaatan sensor sebagai sumber data yang mampu menangkap setiap kondisi dunia nyata kedalam data digital merupakan aspek kunci dari fase ini[2].

Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) kedalam dunia pertanian dengan pemanfaatan berbagai macam sensor diharapkan bisa menjadi sebuah langkah menuju sistem pertanian pintar atau Smart Farming [3]. Sebuah kunci utama menuju Smart Farming bukan sekedar menerapkan teknologi kedalam pertanian, tetapi data yang terukur untuk menjawab berbagai permasalahan. Apakah tanaman mampu memproduksi hasil yang maksimal?, apa yang dapat dilakukan petani?. Pertanyaan-pertanyaan ini hanya mampu dijawab sistem pertanian pintar atau Smart Farming.

Dalam pengimplementasian Smart Farming, hal utama yang mendasari penelitian ini adalah berbagai masalah-masalah yang sering dihadapi para petani [4]. Pada umumnya petani

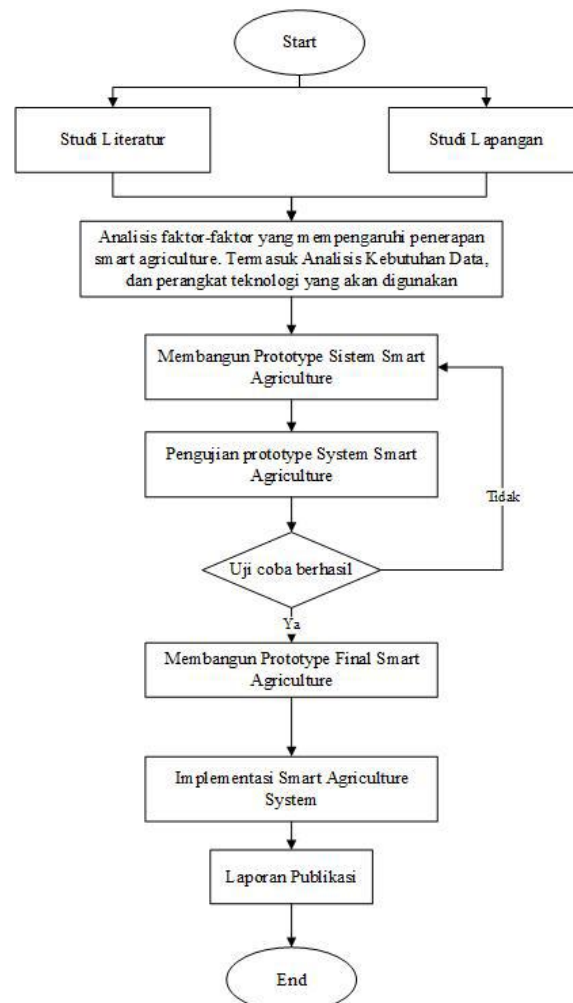
mengunjungi lahan pertanian mereka dari waktu ke waktu untuk memeriksa tingkat kelembaban tanah dan untuk kebutuhan air digerakkan oleh motor pemompa air untuk mengairi lahan pertanian masing-masing. Para petani perlu menunggu selama beberapa waktu sebelum mematikan motor pemompa air, agar air dapat mengalir dalam jumlah yang cukup di masing-masing medan. Metode irigasi ini membutuhkan banyak waktu dan usaha terutama ketika ada banyak lahan pertanian didistribusikan dalam bagian-bagian kecil di kejauhan. Hal lainnya yang menjadi masalah adalah sistem pemberian nutrisi pada tanaman biasanya tidak merata pada setiap tanaman. Pemantauan nutrisi yang tidak rutin mengakibatkan hasil produksi tanaman tidak maksimal [5].

Berdasarkan pada masalah-masalah yang dihadapi petani, peneliti mencoba mengimplementasikan sistem teknologi otomatisasi IoT kedalam lahan pertanian [6]. Kombinasi sensor akan dipadukan untuk mengumpulkan berbagai data yang dibutuhkan diantaranya; sensor Kelembapan tanah untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, apabila kelembapan tanah berkurang wadah penampung air irigasi akan secara otomatis mengairi lahan pertanian; sensor PH air digunakan untuk mengukur nutrisi yang terkandung dalam wadah penampungan air irigasi, apabila tingkat nutrisi dalam air berkurang, nutrisi akan ditambahkan kedalam wadah penampung air irigasi secara otomatis; sensor jarak digunakan untuk mengukur volume air dalam wadah penampungan air, apabila volume air berkurang perangkat IoT akan mengirimkan data peringatan ke perangkat mobile petani melalui internet. Data hasil tangkapan Sensor jarak ini juga dapat digunakan pada kasus sistem pertanian dimana lokasi lahan pertanian dekat dengan sumber mata air. Ketika sensor jarak mengirimkan data volume air berkurang motor pompa air akan secara otomatis memompa air masuk kedalam wadah penampung dan apabila wadah penampungan air telah penuh maka motor pompa akan mati.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Kerangka Penelitian

Diagram alur penelitian pada gambar 1 menjelaskan alur proses penelitian dari awal hingga akhir. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan pertama adalah pengumpulan data. Pada tahap ini data yang dikumpulkan berasal dari dua sumber. Sumber pertama adalah data yang dikumpulkan melalui dokumen-dokumen penelitian, seperti jurnal, conference paper, dan dokumen resmi lainnya. Data yang dikumpulkan dari sumber ini akan digunakan sebagai referensi dalam penulisan paper ini. Sumber data kedua adalah data yang dikumpulkan melalui penelitian terhadap tempat kasus studi dilakukan. Data yang dicari dari sumber kedua ini adalah data mengenai lokasi atau wilayah pertanian, jenis tanaman, pengairan pertanian, jenis nutrisi yang dipakai petani serta menganalisa kebutuhan dari para petani. Dari data tersebut maka akan dibuat rancangan desain awal aplikasi ini serta penentuan perangkat teknologi apa yang akan dipakai. Tahapan kedua dari penelitian ini adalah membuat rancangan awal desain sistem Smart Agriculture. Pada tahap kedua ini, desain yang dibuat dalam prototype ini didasarkan pada data yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Hasil prototype sistem smart agriculture yang telah dibangun akan di uji untuk melihat apakah sistem tersebut dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan atau tidak. Tahap berikut setelah pengujian berhasil adalah tahap pengembangan prototype final, dimana setelah penyempurnaan sistem berhasil selanjutnya akan di implementasikan pada kebun percobaan. Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah mendokumentasikan hasil penelitian.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

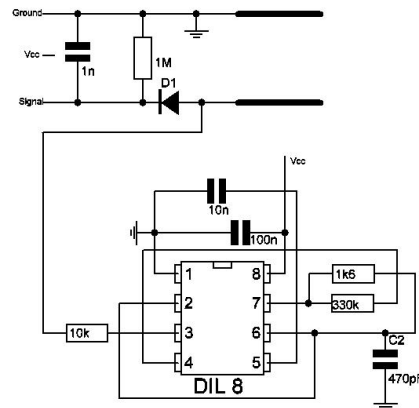
2.2. Perangkat Keras Pendukung

2.2.1. Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk menghitung kandungan volumetrik tanah. Cara kerja sensor kelembaban tanah bergantung pada prosedur kerja tahanan. Jika hambatan antara dua titik tanah yang berbeda berkurang, maka ada peningkatan kandungan volumetrik air dalam tanah. Jika hambatan antara dua titik tanah yang berbeda diperbesar, maka ada penurunan kandungan volumetrik air dalam tanah. Sensor suhu dan kelembaban mengukur suhu dan parameter kelembaban dan mengeluarkannya sebagai sinyal arus atau tegangan sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan[7]. Berikut ini merupakan indikator dari sensor kelembaban tanah [8]:

- Tegangan masukan: DC3.3V atau 5V;
- Tegangan keluar: 0~4.2V
- Masukan arus: 35mA;
- Sinyal Output: analog dan digital

Skema Perangkat Keras untuk Sensor Kelembaban Tanah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Sensor Kelembaban

2.2.2. Analog pH Sensor

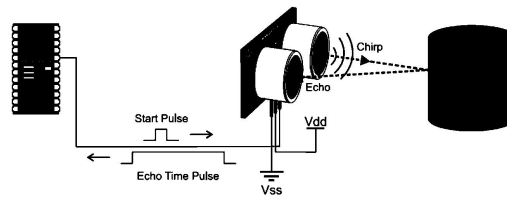
Sensor pH mengukur tegangan yang diukur oleh membran pH sebagai fungsi dari nilai pH sampel proses. Tegangan tersebut kemudian dibandingkan dengan keluaran mV dari sel referensi yang tidak bergantung pada nilai pH sensor. Sensor pH membantu mengukur keasaman atau kebasaan air dengan nilai antara 0-14. Ketika nilai pH turun di bawah tujuh, air mulai menjadi lebih asam. Setiap angka di atas tujuh sama dengan lebih basah. Setiap jenis sensor pH bekerja secara berbeda untuk mengukur kualitas air. Tabel 1 menunjukkan Karakteristik Elektroda pH [9].

Tabel 1. Karakteristik Elektroda pH

Voltage (mV)	Nilai pH	Voltage (mV)	Nilai pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

2.2.3. Sensor Ultrasonik

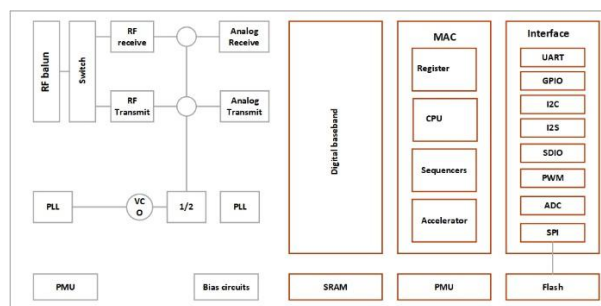
Sensor ultrasonik beroperasi dengan piezoelektrik transduser sebagai pemancar dan penerima suara. Lapisan decoupling yang dipatenkan dalam bahan khusus digunakan untuk memisahkan ultrasonik ke udara - media akustik tipis. Transduser ultrasonik ini tertanam, kedap air, ke dalam rumah sensor, dalam busa poliuretan. Transduser mentransmisikan paket pulsa sonik dan mengubah pulsa gema menjadi tegangan. Pengontrol terintegrasi menghitung jarak dari waktu gema dan kecepatan suara. Durasi pulsa yang ditransmisikan t dan waktu peluruhan transduser sonik menghasilkan area yang tidak dapat digunakan di mana sensor ultrasonik tidak dapat mendeteksi suatu objek. Frekuensi ultrasonik terletak antara 65 kHz dan 400 kHz, tergantung pada jenis sensor; frekuensi pengulangan pulse antara 14 Hz dan 140Hz [10]. Gambar 3 menunjukkan skema dari sensor ultrasonik.



Gambar 3. Skema Sensor Ultrasonik

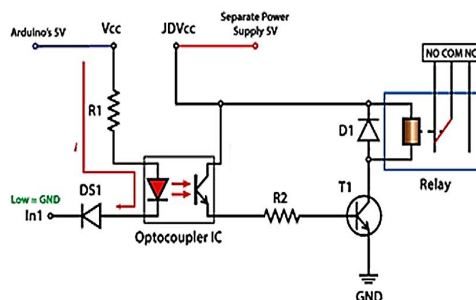
2.2.4. Microcontroller

NodeMCU adalah platform open source berbasis ESP8266 yang dapat menghubungkan objek dan memungkinkan transfer data menggunakan protokol Wi-Fi. Selain itu, dengan menyediakan beberapa fitur yang paling penting dari mikrokontroler seperti GPIO, PWM, ADC, dan lain-lain [11]. Diagram fungsional ESP8266 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.



2.2.5. Relay

Relay yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sebuah saklar elektrik dengan tegangan input 5V. Relai mampu mengaktifkan atau menonaktifkan sirkuit daya yang lebih tinggi dengan memberi tegangan 5V yang disediakan oleh pin microcontroller [12]. Pada gambar 6 menunjukkan diagram skema dari relay.



Gambar 6. Skema Relay

2.2.6. Selang irigasi tetes

Selang Irigasi tetes berguna untuk mengairi setiap titik tanam pada lahan pertanian dengan sistem tetesan air [13].

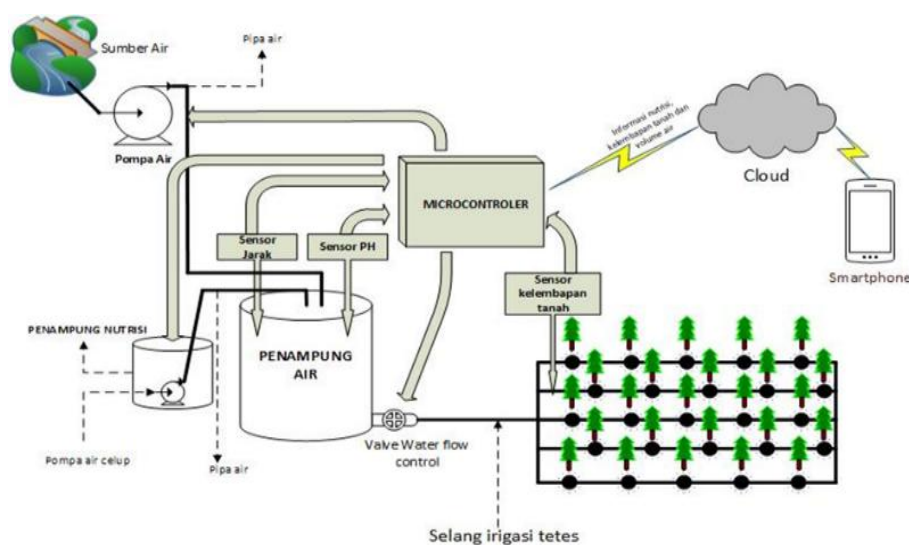
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Arsitektur Sistem

Dalam penelitian ini akan mencoba mengabungkan beberapa sensor untuk membantu proses perawatan tanaman pertanian. Implementasi sensor pada sistem pertanian pintar yang dimaksud diantaranya; sensor kelembapan, sensor PH, dan sensor jarak. Setiap sensor memiliki peran masing-masing yang berfungsi mengirimkan data kondisi lahan pertanian dan persediaan air. Pada gambar alur kerja sistem menjelaskan hubungan tiap-tiap perangkat yang saling terhubung melalui satu mikrokontroler sebagai pusat kontrol data.

Dalam penelitian ini untuk sistem irigasi pertanian peneliti memanfaatkan sensor kelembapan tanah untuk memantau tingkat kelembapan pada tanah. Sensor akan mengirimkan data kelembapan tanah secara terus menerus ke perangkat microcontroller dan data tersebut juga diteruskan oleh microcontroller memelalui internet kepada perangkat mobile petani. Data kelembapan yang diterima oleh perangkat mobile petani hanya merupakan informasi bantuan, sedangkan data kelembapan yang dikirimkan sensor ke perangkat microcontroller dimanfaatkan untuk mengontrol perangkat katup aliran air dari penampung, yang mana katup pengontrol aliran air dari penampung akan secara otomatis terbuka apabila kondisi tanah pertanian kering, sebaliknya katup pengontrol air akan tertutup jika tanah sudah mencapai batas kelembapan yang diinginkan. Dalam proses irigasi pertanian peneliti akan mencoba menggunakan sistem pengairan tetes. Penggunaan sistem pengairan tetes ini diharapkan mampu mengurangi konsumsi air untuk lahan pertanian yang cukup besar.

Selain sistem irigasi otomatis dengan menggunakan sensor kelembapan tanah, penelitian ini juga memanfaatkan sensor PH untuk memastikan nutrisi yang terkandung dalam air pada penampung terjaga. Apabila kandungan nutrisi dalam penampung berkurang, wadah penampung nutrisi akan secara otomatis memasukan nutrisi kedalam penampung air. Selain itu juga sensor jarak juga diimplementasikan sebagai pengontrol volume air yang tersedia dalam penampung. Apabila volume dalam penampung berkurang, peringatan akan dikirimkan keperangkat mobile petani. Jika kondisi lahan pertanian dekat dengan sumber mata air maka implementasi pompa air otomatis dapat dimanfaatkan untuk memompa air dari sumber air kedalam penampung.



Gambar 7. Alur kerja Sistem

3.2. Prosedur dan Cara Kerja Sistem Pengairan

Sensor kelembaban mengukur nilai kelembaban tanah dan kemudian mengubah nilai ini dari 0-5V menjadi 0-1023 serta mengirimkan nilai yang dikonversi ke Arduino[14]. Setelah mendapatkan nilai sensor kelembaban Arduino memeriksa nilai-nilai yang dikirimkan sesuai dengan kode dan mengambil keputusan untuk memberi air atau tidak. Pada dasarnya sensor kelembaban tanah mengukur atau memperkirakan jumlah air di dalam tanah. Pada penelitian ini voltase sensor kelembaban saat kering berada pada 2.8V dan voltase sensor saat kondisi benar-benar basah adalah 1.5V, batas inilah yang akan menjadi tingkat deteksi kelembaban untuk waktu kapan tanah akan di beri air. Dalam penelitian ini Sensor ditempatkan di lokasi dan kedalaman yang telah ditentukan di lapangan. Dalam pengukurannya menggunakan pengukuran kadar air volumetric (volume air dibagi volume tanah). Jika dibandingkan dengan jumlah air maksimum yang dapat ditampung tanah atau kapasitas lapang, pengukuran kadar air volumetrik dapat digunakan untuk mengukur defisit air tanah untuk penjadwalan irigasi dengan mengurangi kadar air tanah pada kapasitas lapang dengan kadar air tanah saat ini. Sebagai catatan persentase pengukuran kadar air tanah harus dikalikan dengan kedalaman zona akar untuk memberikan total air di kedalaman tanah tersebut. Sebagai contoh: Jika 30cm Tanah memiliki kadar air volumetrik 9%, maka Total air dalam profil 30cm = $0,09 \times 30\text{cm} = 2.7 \text{ cm}$ air. Jika kapasitas lapangan 18%, Maka Deplesi/defisit air tanah = $(0,18 \times 30\text{cm}) - 2.7\text{cm} = 2.7\text{cm}$.

Untuk penjadwalan irigasi, penting untuk memahami kadar air tanah di mana tanaman mulai mengalami stres. Secara umum, sebagian besar tanaman mulai mengalami stres ketika defisit air tanah mencapai 30-50% dari kapasitas air tersedia. Hal ini disebut dengan manajemen deplesi atau saat dimana pemicu irigasi diizinkan untuk mengairi tanaman. kadar air tanah dapat bervariasi tergantung pada tanaman, tahap pertumbuhan dan kapasitas pemompaan sistem irigasi. Sistem irigasi harus dipicu ketika persentase penipisan air tanah sama atau mendekati persentase deplesi/defisit air tanah.

3.3. Prosedur dan Cara Kerja Sistem Nutrisi

Penelitian ini berusaha menggantikan cara tradisional dalam hal menjaga nutrisi air untuk kesuburan tanaman dengan memanfaatkan sensor pH. Sensor pH yang digunakan dalam penelitian mengandung dua elektroda diantaranya elektroda kaca dan elektroda referensi. Fungsi dari elektroda kaca adalah menghitung perbedaan pH antara elektroda pH dengan larutan uji. Elektroda mengukur perbedaan tegangan ion hydrogen yang dihasilkan dalam elektroda dan larutan. Pertukaran ion juga terjadi pada permukaan bagian dalam elektroda kaca. Karena kalium klorida di dalam elektroda dan larutan yang diuji memiliki keasaman yang berbeda, terjadi perbedaan aktivitas ion hidrogen, yang mengakibatkan perbedaan muatan listrik. Ketika ini terjadi, perbedaan potensial muncul antara sisi elektroda kaca dan elektroda referensi yang menghasilkan pembacaan pH pada meteran. Hal paling pertama dalam penggunaan ph sensor adalah melakukan kalibrasi dengan tujuan agar hasil bacaan sensor lebih akurat. Standar larutan buffer yang digunakan dalam kalibrasi adalah ph 4.0 – 7.0 – 10.0 atau 9.18 [9]. setelah melakukan kalibrasi pH sensor diletakan pada wadah penampungan air. Ukuran standar pH yang digunakan 5.0 sampai 7.0 berfungsi sebagai trigger atau pemicu pompa celup yang berada dalam wadah penampung nutrisi. Jika kadar pH dalam air berada pada batas bawah dari standar pH yang ditentukan maka nutrisi secara otomatis akan ditambahkan kedalam wadah penampung air irigasi. Kemungkinan berkurangnya pH air pada wadah.

3.4. Prosedur dan Cara Kerja Sistem IoT

Penelitian ini menggunakan platform arduino cloud [15]. Arduino cloud adalah sebuah terobosan baru yang sangat mudah dalam menghubungkan perangkat dengan proyek melalui internet. arduino cloud merupakan sebuah platform berbasis ekosistem browser dan IoT cloud. Dalam menggunakan platform ini yang dibutuhkan hanyalah koneksi internet dan akun arduino. arduino cloud juga berbasis IDE yang mana dapat berfungsi untuk mengedit dan mengupload kode program kedalam papan Arduino secara online. Arduino IoT cloud mampu mengkoneksikan perangkat, berbagi data, serta menampilkan data yang ditangkap sensor atau perangkat lainnya melalui perangkat mobile ataupun komputer dari mana saja.

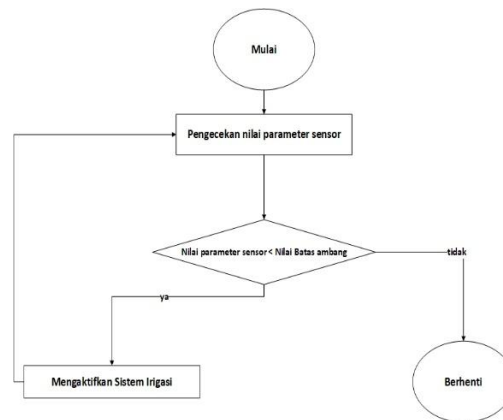
Penentuan sistem koneksi IoT menggunakan Arduino cloud dalam penelitian ini adalah untuk mempermudah proses pengerjaan proyek dimana setiap komponen perangkat yang terhubung dalam proyek dapat dikontrol dan divisualisasikan dengan tampilan yang lebih bagus serta mampu diakses kapan saja dan dimana saja lewat perangkat mobile ataupun komputer. Data tangkapan sensor dikirimkan keperangkat mobile secara realtime serta mampu menampilkan riwayat data bacaan. Kemampuan menampilkan riwayat data sangatlah membantu dalam penelitian ini untuk membandingkan hasil percobaan terdahulu dengan hasil percobaan terbaru. Secara umum sistem kerja IoT adalah memanfaatkan internet agar setiap perangkat dapat saling berkomunikasi. Sistem komunikasi IoT dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan modul wifi yang terdapat pada papan mikrokontroler. Papan mikrokontroler akan mengirimkan semua data yang terbaca lewat modul wifi yang terkoneksi jaringan internet ke Arduino cloud, kemudian data tersebut dapat diakses melalui perangkat mobile maupun komputer dari mana saja.

3.5. Data Analysis

Berdasarkan pada data lapangan, percobaan pengairan tetes dilakukan pada wadah percobaan 200ml. Percobaan dilakukan dengan melihat rasio pemberian air terhadap volume tanah sampel dalam wadah. Berat kering partikel tanah dalam sampel adalah tetap, yaitu berat kering tanah. Sebaliknya, ada jumlah berat basah yang tidak terbatas, tergantung pada berapa banyak air yang ditambahkan ke tanah. Sensor menunjukkan nilai bacaan yang sesuai pada setiap tingkatan. hasil percobaan yang dilakukan dalam hal ini mungkin dapat dikatakan berhasil, akan tetapi apabila media tanah irigasi tetes berada pada lingkungan alam luar, air kemungkinan membutuhkan waktu serap lebih lama untuk mencapai kedalaman tanah dikarenakan sebaran air akan menyesuaikan dengan daya resap tanah. Kendala lainnya seperti struktur dan tipe tanah yang berbeda dapat mengakibatkan jumlah konsumsi air yang berbeda. Tanah berpasir memungkinkan penyerapan yang lebih cepat tetapi juga menghabiskan lebih banyak pasokan air untuk menjaga kelembapan tanah yang diharapkan. Pada dasarnya dalam penelitian ini mencoba menghindari kelembapan berlebihan yang dapat mengakibatkan kematian tanaman atau pembusukan akar tanaman.

Dalam pemrograman sistem, batas ambang trigger untuk memicu keran solenoid valve terbuka dan tertutup ditentukan berdasarkan penentuan voltase yang dihasilkan sensor. $(\text{float}(\text{analogRead}(\text{soil_pin}))/1023.0)*3.3$; Baris kode tersebut mencetak nilai antara 0.V-3.3V. jika kondisi sensor kelembapan berada di udara nilai bacaan sensor adalah 3.15V, apabila sensor diletakan pada tanah yang lembab nilai bacaan sensor adalah diantara 1.9V-3.0V. Dalam penelitian ini batas nilai kering yang dipakai dalam pemberian kode program adalah 2650 dan batas nilai basah adalah 1800. Saat sensor menangkap data bacaan kelembapan dengan nilai ≤ 2650 maka katup solenoid water akan terbuka dan irigasi tanaman dimulai, apabila sensor menangkap data bacaan kelembapan dengan nilai ≥ 1800 maka katup solenoid water akan tertutup dan irigasi tanaman dihentikan. Pada gambar 8 menunjukkan sistem kerja mikrokontroler pada sistem irigasi. Mikrokontroler akan membandingkan data yang ditangkap sensor dengan batas ambang yang telah ditentukan apabila nilai bacaan sensor berada dibawah nilai batas ambang maka sistem irigasi akan diaktifkan. Sistem irigasi tidak akan aktif sampai sensor

mengembalikan nilai kebalikannya. Penentuan batas ambang ditentukan oleh banyak factor diantaranya iklim, jenis tanaman, dan tekstur tanah.



Gambar 8. Sistem Kerja Mikrokontroler Pada Sistem Irigasi

Sistem irigasi dalam penelitian ini adalah sistem irigasi tetes menggunakan selang tetes. Berdasarkan percobaan perhitungan volume air yang ditetaskan dalam kurun waktu satu menit adalah 8,33ml. jadi total volume air yang ditetaskan dalam waktu 1 jam adalah 0,5 liter. Dalam hal perhitungan volume air dapat ukur berdasarkan luas tanah, jarak tanaman dan jarak antara jalur selang tetes. Perhitungan dilakukan dengan mencari ukuran panjang selang tetes dengan membagi luas tanah dan jarak jalur selang tetes, yang ke dua menentukan jumlah titik tetes/jumlah tanaman dengan membagi panjang selang tetes dan jarak tanaman. , yang terakhir adalah menentukan jumlah volume air yang dihabiskan dalam 1 jam dengan menghitung total panjang selang dikali total volume air yang ditetaskan dalam waktu s1 jam dibagi 1000. Sebagai contoh Jika jarak atara jalur selang tetes adalah 70cm, jarak tanaman adalah 50cm dan luas tanah adalah 10000m² maka, total volume air yang dipakai dalam satu jam adalah 14,3 m³/Ha/jam. Dari hasil contoh perhitungan ini dapat dikatakan bahwa pemanfaatan sistem irigasi tetes pada lahan pertanian sangat membantu petani dalam hal penghematan air.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dilapangan maka dapat disimpulkan bahwa sistem pertanian pintar dengan memanfaatkan multi sensor dapat efektif apabila setiap data tangkapan sensor dapat diolah menjadi informasi yang tepat. Untuk itu ketelitian perhitungan serta batas ambang penentuan triger atau pemicu suatu perintah sistem harus di perhatikan. Dalam penelitian ini sensor pH dan sensor kelembapan tanah mampu memperkiraan rasio kandungan nutrisi dalam air serta rasio kelembapan tanah yang sesuai serta data yang dihasilkan setiap sensor dapat dilihat secara realtime pada perangkat mobile. Implementasi sistem ini sangat membantu petani dalam mengatasi masalah irigasi, kesuburan tanaman serta penghematan air dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Della Corte, K. Umachandran, I. Jurcic, and D. S. F. James, "Industry 4.0: The New Industrial Revolution," *Big Data Anal. Smart Connect. Cities*, vol. 6, no. 8, pp. 138–156, 2019, doi: 10.4018/978-1-5225-6207-8.ch006.
- [2] M. Mahbub, M. M. Hossain, and M. S. A. Gazi, "IoT-Cognizant cloud-assisted energy efficient embedded system for indoor intelligent lighting, air quality monitoring, and ventilation," *Internet of Things*, vol. 11, no. 2, p. 100266, 2020, doi:

- 10.1016/j.iot.2020.100266.
- [3] M. Mahbub, "A smart farming concept based on smart embedded electronics, internet of things and wireless sensor network," *Internet of Things*, vol. 9, no. 1, p. 100161, 2020, doi: 10.1016/j.iot.2020.100161.
 - [4] A. Mentsiev, A. Mentsiev, and E. Amirova, "IoT and mechanization in agriculture: problems, solutions, and prospects," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 548, no. 3, p. 32035, Sep. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/548/3/032035.
 - [5] M. Jahan, M. Javadi, E. Hesami, and M. B. Amiri, "Nutritional Management Improved Sesame Performance and Soil Properties: a Function-Based Study on Sesame as Affected by Deficit Irrigation, Water Superabsorbent, and Salicylic Acid," *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 21, no. 4, pp. 2702–2717, 2021, doi: 10.1007/s42729-021-00557-2.
 - [6] S. Singh and R. Mohan Sharma, *Handbook of Research on the IoT, Cloud Computing, and Wireless Network Optimization*. in *Advances in Wireless Technologies and Telecommunication* (2327-3305). IGI Global, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=tmyPDwAAQBAJ>
 - [7] A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla, and C. Rama Krishna, "An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 155, no. September, pp. 41–49, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.09.040.
 - [8] DFRobot, "Moisture Sensor (SKU : SEN0114)," pp. 3–6, 2012. [Online]. Available: <https://media.digikey.com>
 - [9] DFRobot, "PH meter (SKU : SEN0161)," *Wiki DFRobot*, DFRobot, pp. 1–20, 2021. [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_
 - [10] S. Kumar, M. Kaur, and N. Rakesh, "IoT-Based Smart Waste Management System," *Adv. Sci. Technol. Innov.*, no. May, pp. 133–139, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-66218-9_15.
 - [11] J. J. Amalraj, S. Banumathi, and J. J. John, "IOT sensors and applications: A survey," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 998–1003, 2019.
 - [12] M. Radja and A. W. R. Emanuel, "A review: Design of smart home electrical management system based on IoT," in *2019 International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2019*, Yogyakarta: IEEE, 2019, pp. 910–915. doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938426.
 - [13] T. Shareef and Z. Ma, "Essentials of Drip Irrigation System for Saving Water and Nutrients to Plant Roots: As a Guide for Growers," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 11, no. 2, pp. 1129–1145, Jan. 2019, doi: 10.4236/jwarp.2019.119066.
 - [14] M. Pramanik *et al.*, "Automation of soil moisture sensor-based basin irrigation system," *Smart Agric. Technol.*, vol. 2, no. August 2021, p. 100032, 2021, doi: 10.1016/j.atech.2021.100032.
 - [15] L. Assam and an O. M. C. Safari, *Learn to Use Arduino IoT Cloud to Build IoT Projects*. Packt Publishing, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=IN5HzQEACAAJ>