



## Analisis Penggunaan Nutrisi Memanfaatkan Drip Irrigation Terhadap Pertumbuhan Pohon Dan Proses Pembuahan Anggur Berbasis IoT

Yayan Heru Haerudin<sup>1\*</sup>, Pandena Kicky Basuki Putri<sup>1</sup>, Prio Wibowo<sup>1</sup>, Rikzan Bachrul Ulum<sup>1</sup>, Rizky Fajar Ramdhani<sup>1</sup>, Tarman<sup>1</sup>, Wanwan Jamaludin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Industri, STT Wastukencana, Purwakarta, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Received : 11-11-2025

Accepted : 21-11-2025

Tersedia online : 16-01-2025

#### Kata Kunci:

Anggur, Drip Irrigation, Internet of Things, Efisiensi Air, Nutrisi Tanaman



**Abstrak:** Tanaman anggur memiliki prospek ekonomi tinggi, namun produktivitas di Jawa Barat masih rendah akibat praktik budidaya konvensional yang belum efisien. Pemberian air dan nutrisi yang tidak terukur berpotensi menurunkan produktivitas dan kualitas hasil panen. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menerapkan sistem drip irrigation berbasis Internet of Things untuk mengoptimalkan distribusi air dan nutrisi pada tanaman anggur di Desa Rajamandala Kulon, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Metode pelaksanaan meliputi perancangan sistem IoT dengan sensor kelembaban tanah, EC nutrisi, pH, dan suhu-RH udara yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial 3×3 dengan tiga level dosis nutrisi (EC 1,2; 1,8; dan 2,4 mS/cm) dan tiga strategi irigasi (ambang kelembaban 20%, 25%, dan 30%), masing-masing diulang tiga kali dengan total 27 petak percobaan. Parameter yang diamati meliputi kondisi lingkungan, pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun), parameter reproduksi (fruit set, bobot buah, total padatan terlarut), serta efisiensi penggunaan air dan nutrisi. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem drip irrigation berbasis IoT mampu mendistribusikan air dan nutrisi secara otomatis, terukur, dan tepat sasaran. Kombinasi perlakuan EC sedang (1,8 mS/cm) dengan ambang kelembaban sedang (25%) memberikan hasil terbaik dengan peningkatan produktivitas 20-35% dibandingkan metode konvensional. Sistem berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%, mengurangi biaya tenaga kerja hingga 30%, serta menghasilkan buah dengan kualitas lebih baik yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai Brix. Program ini juga meningkatkan kapasitas petani dalam mengadopsi teknologi pertanian modern, membentuk kelompok tani yang saling mendukung, dan membuka peluang pengembangan smart farming berkelanjutan di wilayah pedesaan. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dalam budidaya tanaman anggur dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan kesejahteraan petani.

**Abstract:** Grape plants have high economic prospects, but productivity in West Java is still low due to inefficient conventional cultivation practices. Unmeasured water and nutrient provision has the potential to reduce productivity and quality of harvests. This community service program aims to implement an Internet of Things-based drip irrigation system to optimize water and nutrient distribution in grape plants in Rajamandala Kulon Village, Cipatat District, West Bandung Regency. The implementation method includes designing an IoT system with soil moisture, nutrient EC, pH, and air temperature-RH sensors integrated with an ESP32 microcontroller. The system was designed using a 3×3 factorial Randomized Block Design with three nutrient dose levels (EC 1.2; 1.8; and 2.4 mS/cm) and three irrigation strategies (humidity thresholds of 20%, 25%, and 30%), each replicated three times with a total of 27 experimental plots. The parameters observed included environmental conditions, vegetative growth (plant height, stem diameter, number of leaves), reproductive parameters (fruit set, fruit weight, total soluble solids), and water and nutrient use efficiency. The results of the activity showed that the IoT-based drip irrigation system was able to distribute water and nutrients automatically, measurably, and precisely.

\* Penulis korespondensi: [yayan.haerudin@wastukencana.ac.id](mailto:yayan.haerudin@wastukencana.ac.id)  
<https://doi.org/10.51132/bhakti.v1i2.596>

The combination of moderate EC treatment (1.8 mS/cm) with a moderate humidity threshold (25%) provided the best results with a 20-35% increase in productivity compared to conventional methods. The system successfully increased water use efficiency by up to 30%, reduced labor costs by up to 30%, and produced better quality fruit as indicated by an increase in Brix value. This program also increased the capacity of farmers to adopt modern agricultural technologies, formed mutually supportive farmer groups, and opened up opportunities for the development of sustainable smart farming in rural areas. The success of this program demonstrates that the integration of IoT technology in grape cultivation can be an effective solution to increase productivity, resource efficiency, and farmer welfare.

## 1. Pendahuluan

Tanaman anggur merupakan komoditas hortikultura yang memiliki prospek ekonomi cukup tinggi karena permintaan pasar yang relatif stabil. Namun demikian, produktivitas anggur di Jawa Barat masih rendah, dan kualitas buah yang dihasilkan belum mampu bersaing dengan daerah sentra produksi lain seperti Probolinggo dan Bali [1]. Hal ini disebabkan oleh masih dominannya praktik budidaya konvensional yang mengandalkan pupuk kandang 10-20 ton per hektar, serta pupuk anorganik seperti urea 35 kg per hektar, SP-36 20 kg per hektar, dan KCl 20 kg per hektar [2]. Sistem budidaya konvensional ini membutuhkan biaya dan tenaga kerja yang besar, sementara perubahan iklim ekstrem dan penggunaan pupuk berlebihan justru menurunkan produktivitas serta memicu fluktuasi harga anggur di pasaran [3].

Tanaman pada dasarnya membutuhkan asupan air dan nutrisi dalam jumlah yang seimbang serta diberikan pada waktu yang tepat agar dapat tumbuh dan berkembang secara optimal [4]. Pemberian air maupun pupuk yang dilakukan secara konvensional tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual tanaman berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan, baik berupa kelebihan maupun kekurangan unsur hara dan air. Kondisi tersebut pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas, pertumbuhan yang tidak maksimal, serta kualitas hasil panen yang menurun [5].

Seiring perkembangan teknologi digital, penerapan smart farming berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi potensial dalam mengatasi permasalahan budidaya konvensional [6]. Teknologi sensor memungkinkan pemantauan kelembaban tanah, suhu, serta kandungan nutrisi dilakukan secara otomatis dan real time, sehingga distribusi air dan pupuk dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman [7]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT dalam pertanian mampu meningkatkan efisiensi penggunaan input dan menekan dampak negatif pemupukan berlebih, seperti fenomena luxury consumption dan pencemaran tanah [8].

Dalam konteks budidaya anggur, penerapan sistem drip irrigation atau irigasi tetes menjadi strategi yang relevan untuk mengoptimalkan pemberian air dan nutrisi [9]. Sistem drip irrigation merupakan metode irigasi yang mengalirkan air langsung ke zona perakaran tanaman melalui emitter atau pipa berlubang kecil dengan tekanan tertentu [10]. Keunggulan sistem ini adalah efisiensi penggunaan air yang tinggi, distribusi nutrisi yang merata, serta minimnya kehilangan air akibat evaporasi atau limpasan permukaan [11]. Ketika sistem drip irrigation diintegrasikan dengan teknologi IoT, pengelolaan air dan nutrisi dapat dilakukan secara presisi berdasarkan data real-time dari sensor yang terpasang di lahan [12].

Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk menerapkan dan mengevaluasi sistem drip irrigation berbasis IoT pada budidaya tanaman anggur di Desa Rajamandala Kulon, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Desa ini dipilih karena memiliki potensi pengembangan agribisnis anggur yang cukup baik namun masih menggunakan metode budidaya konvensional. Melalui penerapan teknologi ini, diharapkan distribusi air dan nutrisi menjadi lebih efisien, proses budidaya lebih ramah lingkungan, biaya

operasional berkurang, serta produktivitas tanaman anggur dapat ditingkatkan secara signifikan baik dari segi kuantitas maupun kualitas [13].

Kegiatan pengabdian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis instalasi sistem, tetapi juga melibatkan pendampingan dan pelatihan kepada petani lokal agar mampu mengoperasikan, memelihara, dan mengembangkan sistem secara mandiri. Dengan demikian, program ini diharapkan dapat berkelanjutan dan memberikan dampak jangka panjang terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat petani di wilayah tersebut.

## 2. Metodologi

### 2.1 Lokasi, Waktu, dan Subjek Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Rajamandala Kulon, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, khususnya pada lahan milik Posyantekdes Ikhlash Ramaku. Lokasi dipilih berdasarkan potensi pengembangan budidaya anggur dan kesediaan masyarakat untuk mengadopsi teknologi tepat guna. Kegiatan dilaksanakan selama satu musim budidaya, yaitu sekitar 16-20 minggu, dimulai dari fase vegetatif aktif hingga pematangan. Subjek kegiatan adalah petani anggur dan pelaku usaha mikro kecil menengah (UMKM) yang tergabung dalam kelompok tani di desa tersebut, dengan total peserta sekitar 30 orang.

### 2.2 Alat dan Bahan

Sistem drip irrigation berbasis IoT yang dikembangkan dalam kegiatan ini terdiri dari komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama yang dilengkapi modul Wi-Fi untuk konektivitas internet, power supply, serta modul relay dan solenoid valve sebagai aktuator pengendali aliran air dan nutrisi [7]. Sensor yang digunakan antara lain sensor kelembaban tanah kapasitif yang dipasang di zona perakaran, sensor EC atau PPM untuk mengukur konsentrasi nutrisi dalam larutan, sensor pH untuk menjaga keseimbangan asam-basa larutan, serta sensor suhu dan kelembaban udara [12]. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan flowmeter untuk memantau debit dan volume air yang dialirkan, serta sensor tekanan pipa untuk menjaga stabilitas sistem irigasi.

Komponen hidrolik terdiri dari tandon nutrisi dengan kapasitas yang disesuaikan kebutuhan, pompa air bertekanan, filter untuk menyaring kotoran, pipa polietilen sebagai saluran utama, dan dripline atau emitter dengan kapasitas aliran 2-4 liter per jam yang dipasang di sekitar zona perakaran tanaman [10]. Bahan yang digunakan meliputi larutan nutrisi lengkap yang mengandung unsur makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium serta unsur mikro seperti besi, mangan, dan seng [4]. Larutan nutrisi diformulasikan dalam konsentrasi tertentu dan disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Selain itu, digunakan pula buffer pH untuk menjaga stabilitas tingkat keasaman larutan dan media tanah yang diperkaya dengan kompos matang untuk mendukung pertumbuhan akar yang sehat.

Perangkat lunak yang digunakan meliputi platform dashboard berbasis cloud seperti Blynk, Node-RED, atau ThingsBoard untuk memantau dan mengendalikan sistem secara real-time melalui perangkat mobile atau komputer [7]. Data hasil pembacaan sensor disimpan dalam format CSV untuk keperluan analisis lebih lanjut.

### 2.3 Desain Sistem Drip Irrigation Berbasis IoT

Arsitektur sistem dirancang dengan skema sensor-controller-dashboard, di mana sensor-sensor yang terpasang di lahan membaca kondisi lingkungan dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 [12]. Data tersebut kemudian dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke server cloud yang menampilkan informasi real-time pada dashboard. Pengguna dapat memantau

kondisi tanaman, melihat grafik historis data sensor, serta melakukan pengaturan parameter sistem dari jarak jauh [7].

Sistem bekerja berdasarkan setpoint atau nilai target yang telah ditentukan. Setpoint kelembaban tanah ditetapkan pada rentang 25-30 persen volume water content, setpoint EC larutan nutrisi disesuaikan dengan perlakuan yang diterapkan, dan setpoint pH dijaga pada rentang 5,8 hingga 6,2 yang merupakan kondisi optimal untuk penyerapan nutrisi oleh tanaman anggur [9]. Logika otomasi dirancang sedemikian rupa sehingga ketika kelembaban tanah turun di bawah setpoint atau jadwal penyiraman harian aktif, sistem secara otomatis membuka solenoid valve dan menyalakan pompa hingga target kelembaban atau volume air tercapai [11]. Proses ini dipantau oleh flowmeter untuk memastikan jumlah air yang diberikan sesuai dengan perhitungan.

Sistem dilengkapi dengan mekanisme keamanan berupa cut-off otomatis jika terdeteksi kebocoran atau anomali aliran, proteksi terhadap dry-run pada pompa, serta alarm yang muncul pada dashboard jika terjadi kondisi abnormal. Sebelum sistem beroperasi secara penuh, dilakukan proses kalibrasi pada semua sensor menggunakan larutan standar untuk sensor EC dan pH, pengukuran volume aktual untuk flowmeter, serta kalibrasi gravimetrik untuk sensor kelembaban tanah guna memastikan akurasi data [10].

- ❖ Arsitektur: Sensor → ESP32 → (Wi-Fi) → Dashboard; aktuator (pompa, solenoid) dikendalikan ESP32.
- ❖ Setpoint & logika:
  - Kelembaban tanah target (mis. 25–30% VWC).
  - EC target menurut perlakuan (lihat Bagian 4).
  - pH larutan 5.8–6.2.
- ❖ Otomasi: Ketika kelembaban < setpoint atau jadwal harian aktif, sistem membuka solenoid & menyalakan pompa hingga tercapai target (berdasarkan flowmeter atau durasi kalkulatif).
- ❖ Keamanan: Cut-off saat kebocoran/flow anomali, proteksi dry-run pompa, alarm di dashboard.
- ❖ Kalibrasi:
  - Sensor EC & pH dengan larutan standar;
  - Flowmeter dengan ukur volume aktual;
  - Sensor kelembaban tanah dikalibrasi gravimetrik ( $\theta_v$ -%VWC).

#### 2.4 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial 3×3 dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga ulangan atau kelompok berdasarkan variasi mikro-lingkungan di lahan percobaan. Faktor pertama adalah dosis atau intensitas nutrisi yang direpresentasikan dengan nilai EC target larutan [4]. Level perlakuan faktor A terdiri dari A1 untuk dosis rendah dengan EC 1,2 miliSiemens per sentimeter, A2 untuk dosis sedang dengan EC 1,8 miliSiemens per sentimeter, dan A3 untuk dosis tinggi dengan EC 2,4 miliSiemens per sentimeter. Faktor kedua adalah strategi irigasi yang direpresentasikan dengan ambang kelembaban tanah [11]. Level perlakuan faktor B terdiri dari B1 untuk ambang tinggi yang berarti irigasi dilakukan lebih cepat ketika kelembaban turun di bawah 30 persen, B2 untuk ambang sedang pada

kelembaban di bawah 25 persen, dan B3 untuk ambang rendah pada kelembaban di bawah 20 persen yang merupakan strategi hemat air.

Kombinasi kedua faktor menghasilkan 9 perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak 3 kali sehingga total terdapat 27 petak percobaan. Setiap petak berisi minimal satu tanaman anggur, namun idealnya tiga tanaman per petak untuk memperoleh data rata-rata yang lebih representatif.

## 2.5 *Prosedur Pelaksanaan*

Tahap persiapan dimulai dengan sterilisasi tandon air dan sistem perpipaan untuk mencegah kontaminasi, pemasangan sensor pada kedalaman yang sesuai dengan zona perakaran tanaman, uji kebocoran sistem hidrolis, serta kalibrasi semua sensor untuk memastikan akurasi pembacaan data [10]. Setelah sistem siap, dilakukan penanaman bibit anggur dengan umur yang seragam dan kondisi kesehatan yang baik. Pada dua minggu pertama, tanaman diberi nutrisi dasar yang homogen dengan EC 1,2 dan pH 6,0 tanpa ada perbedaan perlakuan untuk memberikan waktu adaptasi bagi tanaman [9].

Penerapan perlakuan dimulai pada minggu ketiga hingga minggu ke-16. Setiap petak percobaan diatur dengan EC target sesuai level perlakuan faktor A dan setpoint kelembaban sesuai level perlakuan faktor B. Larutan nutrisi disiapkan dengan melarutkan konsentrat pupuk dalam tandon dan pH diatur menggunakan buffer [4]. Sistem bekerja secara otomatis menyiram dan menyuplai nutrisi berdasarkan logika yang telah diprogram. Seluruh peristiwa penyiraman, perubahan kelembaban, nilai EC, pH, dan kondisi lingkungan lainnya dicatat secara real-time dan disimpan dengan timestamp untuk keperluan analisis [12].

Pemeliharaan tanaman dilakukan secara rutin meliputi sanitasi sistem irigasi, pengendalian organisme pengganggu tanaman secara terpadu dengan metode mekanis atau biologis, serta pemangkasan ringan sesuai standar operasional prosedur budidaya anggur [2]. Validasi lapangan dilakukan secara berkala dengan mengecek volume air yang keluar dari emitter menggunakan gelas ukur dan membandingkannya dengan data flowmeter, serta mengukur EC larutan nutrisi secara manual untuk memastikan sistem bekerja dengan baik.

## 2.6 *Variabel yang Diamati*

Variabel lingkungan dan input yang diamati meliputi suhu dan kelembaban udara yang direkam setiap hari, kelembaban tanah yang dipantau setiap jam, nilai EC dan pH larutan nutrisi yang dicatat setiap hari, serta volume air dan nutrisi yang diberikan per tanaman setiap hari [12]. Data ini memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan tumbuh tanaman dan jumlah input yang diterima oleh setiap perlakuan.

Variabel pertumbuhan vegetatif diukur setiap minggu meliputi tinggi tanaman yang diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi, diameter batang yang diukur menggunakan jangka sorong pada ketinggian 10 sentimeter dari permukaan tanah, jumlah dan luas daun yang diestimasi melalui sampling tiga daun representatif per tanaman, serta indeks kehijauan daun yang diukur menggunakan SPAD meter sebagai indikator status nitrogen tanaman [5].

Variabel reproduksi atau pembuahan diamati pada fase generatif meliputi waktu munculnya bunga pertama yang dicatat dalam hari setelah tanam, persentase bunga yang berkembang menjadi buah atau fruit set, jumlah tandan buah per tanaman, jumlah buah per tandan, bobot total buah per tanaman sebagai indikator produktivitas, rata-rata bobot buah individual, serta total padatan terlarut atau Brix yang diukur menggunakan refraktometer sebagai indikator kualitas rasa buah [1]. Selain itu, dapat pula dilakukan pengukuran sink-source ratio sederhana sebagai indikator keseimbangan antara organ produktif dan vegetatif.

Efisiensi penggunaan sumber daya dihitung melalui dua parameter utama yaitu Water Use Efficiency atau WUE yang dihitung sebagai rasio kilogram buah per liter air menunjukkan bahwa perlakuan dengan strategi irigasi berbasis sensor memiliki nilai WUE yang lebih tinggi dibandingkan dengan strategi irigasi berbasis waktu saja [11]. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan responsif terhadap kondisi tanah lebih efisien dalam memanfaatkan air untuk produksi buah.

Nutrient Use Efficiency atau NUE yang dihitung sebagai rasio kilogram buah per gram unsur hara juga menunjukkan hasil yang positif [4]. Perlakuan dengan EC sedang memiliki NUE yang paling baik, menunjukkan bahwa dosis nutrisi yang moderat lebih efektif diserap oleh tanaman dibandingkan dengan dosis yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Dosis nutrisi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan fenomena luxury consumption di mana tanaman menyerap nutrisi melebihi kebutuhannya namun tidak berkontribusi pada peningkatan produktivitas, bahkan dapat menyebabkan ketidakseimbangan fisiologis dan pencemaran lingkungan akibat pencucian unsur hara berlebih ke dalam tanah [8].

### 2.7 Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik. Sebelum analisis dilakukan, data diuji prasyarat meliputi uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene. Jika data memenuhi prasyarat, dilakukan analisis varians atau ANOVA faktorial 3×3 untuk menguji pengaruh dosis nutrisi, strategi irigasi, serta interaksi keduanya terhadap variabel respons utama seperti tinggi tanaman, diameter batang, fruit set, bobot buah, Brix, WUE, dan NUE. Jika terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf 5 persen, dilakukan uji lanjut menggunakan Tukey HSD atau DMRT untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan hasil terbaik.

Selain itu, dilakukan analisis korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan antara EC, WUE, NUE, dan hasil panen, serta analisis trade-off antara kualitas buah yang direpresentasikan oleh Brix dengan kuantitas hasil [5]. Visualisasi data dilakukan melalui grafik time-series untuk menampilkan perubahan kelembaban, EC, dan pH dari waktu ke waktu, boxplot untuk membandingkan hasil dan efisiensi antar perlakuan, serta heatmap korelasi untuk melihat keterkaitan antar variabel.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Instalasi Sistem Drip Irrigation Berbasis IoT

Tahap awal pelaksanaan kegiatan adalah instalasi sistem distribusi air dari sumber air menuju tanaman anggur. Sistem dirancang dengan skema bertingkat untuk memastikan tekanan air yang stabil dan distribusi yang merata [10]. Sumber air berasal dari sumur yang dipompa menuju tandon primer menggunakan pompa 1 dengan kapasitas yang disesuaikan dengan kebutuhan harian. Dari tandon primer, air didistribusikan secara gravitasi menuju tandon sekunder yang ditempatkan pada ketinggian tertentu untuk memberikan tekanan alami pada sistem drip irrigation. Pompa 2 dipasang pada tandon sekunder untuk mengalirkan air dan larutan nutrisi melalui saluran pipa primer, sekunder, tersier, hingga ring drip irrigation yang terpasang di sekitar zona perakaran tanaman.

Ring drip irrigation dilengkapi dengan emitter berlubang kecil yang mengalirkan air dengan tekanan tinggi langsung menuju akar tanaman melalui pori-pori tanah [9]. Metode ini memastikan bahwa air dan nutrisi diserap secara efisien oleh tanaman tanpa banyak terbuang akibat evaporasi atau limpasan permukaan. Instalasi perpipaan dirancang dengan memperhatikan kemudahan pemeliharaan dan fleksibilitas pengaturan debit air pada setiap zona tanaman.

Setelah instalasi hidrolik selesai, dilakukan uji coba sistem secara mekanik untuk memastikan tidak ada kebocoran dan tekanan air di setiap emitter seragam. Uji coba dilakukan dengan mengalirkan air dari tandon sekunder melalui seluruh jaringan pipa dan mengamati debit air yang keluar dari setiap emitter. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan distribusi air merata di seluruh petak percobaan.

### 3.2 Sistem Otomasi Berbasis Timer dan IoT

Salah satu inovasi penting dalam kegiatan ini adalah penerapan sistem otomasi penyiraman berbasis timer dan IoT [7]. Sistem otomasi timer dirancang untuk mengatur jadwal penyiraman secara rutin pada waktu-waktu tertentu yang telah ditentukan, misalnya pagi dan sore hari. Sistem ini bekerja dengan menghidupkan pompa dan membuka solenoid valve secara otomatis pada jadwal yang telah diprogram, kemudian mematikan setelah durasi yang ditetapkan tercapai. Pendekatan ini membantu mengurangi beban kerja petani dan memastikan tanaman mendapat asupan air secara teratur.

Sistem otomasi yang lebih canggih menggunakan pendekatan berbasis IoT di mana keputusan penyiraman tidak hanya berdasarkan waktu, tetapi juga kondisi aktual tanaman dan lingkungan yang dibaca oleh sensor [12]. Sensor kelembaban tanah yang terpasang di zona perakaran mengirimkan data secara real-time ke mikrokontroler ESP32. Ketika kelembaban tanah turun di bawah setpoint yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa dan membuka solenoid valve untuk menyiram tanaman. Proses penyiraman berlangsung hingga kelembaban tanah mencapai target atau volume air yang telah dihitung tercapai berdasarkan data flowmeter [11]. Dengan pendekatan ini, penyiraman menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan aktual tanaman dan lebih efisien dalam penggunaan air.

Data yang dikumpulkan oleh sistem IoT mencakup suhu dan kelembaban udara, kelembaban tanah, nilai EC dan pH larutan nutrisi, serta volume air yang digunakan. Semua data ini ditampilkan secara real-time pada dashboard yang dapat diakses melalui smartphone atau komputer, memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman dari jarak jauh dan melakukan penyesuaian parameter sistem jika diperlukan [6].



Gambar 1 Instalasi Pemipaan dari Sumur ke Torn Primer.



Gambar 2 Pendistribusian Air dari Torn Primer ke Torn Sekunder



Gambar 3 Uji Coba Drp Irrigation

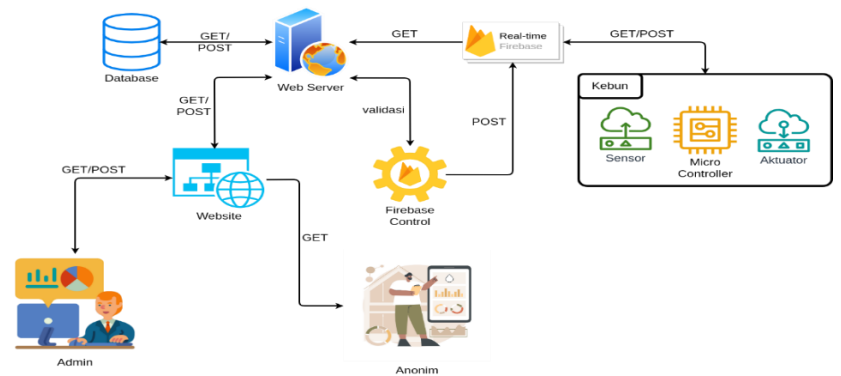


Gambar 4 Instalasi Penyiraman Secara Otomasi Berdasarkan Timer

### 3.3 Instalasi Sensor dan Monitoring Parameter Lingkungan

Sistem IoT yang dikembangkan dilengkapi dengan berbagai jenis sensor untuk memantau parameter lingkungan dan kondisi tanaman secara komprehensif [12]. Sensor kelembaban tanah dipasang pada kedalaman zona perakaran untuk mengukur volume water content secara akurat. Sensor EC atau PPM digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur hara dalam larutan nutrisi yang dialirkan, memastikan bahwa tanaman menerima nutrisi sesuai dengan dosis yang dirancang [4]. Sensor pH dipasang untuk memantau tingkat keasaman larutan nutrisi karena pH yang tidak sesuai dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Sensor suhu dan kelembaban udara dipasang di lingkungan sekitar tanaman untuk memberikan informasi mengenai kondisi iklim mikro yang mempengaruhi laju evapotranspirasi dan kebutuhan air tanaman.

Data dari semua sensor diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke server cloud melalui koneksi Wi-Fi [7]. Dashboard yang dikembangkan menampilkan grafik historis data sensor sehingga petani dapat melihat tren perubahan kondisi lingkungan dari waktu ke waktu. Fitur notifikasi juga diintegrasikan ke dalam sistem sehingga petani menerima peringatan jika terjadi kondisi abnormal seperti kelembaban tanah terlalu rendah, EC larutan di luar rentang target, atau pH yang tidak sesuai. Dengan sistem monitoring ini, petani dapat melakukan intervensi secara cepat untuk mencegah masalah yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman [6].



Gambar 5 Instalasi IoT Pada Tanaman anggur

### 3.4 Hasil Pertumbuhan Tanaman Anggur

Pengamatan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman anggur dilakukan secara berkala setiap minggu meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kehijauan daun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pertumbuhan yang signifikan antara perlakuan dengan dosis nutrisi dan strategi irigasi yang berbeda [5]. Tanaman yang menerima nutrisi dengan EC sedang hingga tinggi menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang menerima nutrisi dengan EC rendah. Diameter batang pada perlakuan dengan nutrisi optimal lebih besar, menunjukkan

bahwa tanaman memiliki struktur batang yang lebih kokoh dan mampu menopang beban buah dengan baik.

Strategi irigasi dengan ambang kelembaban sedang memberikan hasil pertumbuhan yang paling konsisten dibandingkan dengan ambang kelembaban tinggi maupun rendah [11]. Ambang kelembaban tinggi cenderung menyebabkan kondisi tanah yang terlalu basah sehingga menghambat aerasi akar, sedangkan ambang kelembaban rendah menyebabkan tanaman mengalami cekaman air yang menghambat pertumbuhan. Kombinasi perlakuan dengan EC sedang dan ambang kelembaban sedang menunjukkan keseimbangan optimal antara ketersediaan nutrisi dan air [9].

Fase generatif atau pembuahan tanaman anggur juga diamati secara detail. Waktu munculnya bunga pertama pada perlakuan dengan nutrisi optimal lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan nutrisi rendah [1]. Persentase bunga yang berkembang menjadi buah atau fruit set juga lebih tinggi pada perlakuan dengan nutrisi dan irigasi yang optimal. Jumlah tandan buah per tanaman dan jumlah buah per tandan menunjukkan pola yang serupa, di mana perlakuan terbaik menghasilkan lebih banyak tandan dan buah dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kualitas buah yang dihasilkan diukur melalui parameter bobot buah dan total padatan terlarut atau Brix. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan dengan nutrisi optimal tidak hanya menghasilkan buah dengan bobot yang lebih berat, tetapi juga memiliki kadar gula yang lebih tinggi yang ditunjukkan oleh nilai Brix yang lebih baik [1]. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem drip irrigation berbasis IoT tidak hanya meningkatkan produktivitas kuantitatif, tetapi juga kualitas buah yang dihasilkan.

### 3.5 Efisiensi Penggunaan Air dan Nutrisi

Salah satu tujuan utama dari penerapan sistem drip irrigation berbasis IoT adalah meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi [11]. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi penggunaan air hingga 30 persen dibandingkan dengan metode penyiraman konvensional. Pengurangan ini dicapai melalui distribusi air yang tepat sasaran langsung ke zona perakaran tanaman, minimnya kehilangan air akibat evaporasi, serta pengaturan penyiraman berdasarkan kebutuhan aktual tanaman yang dipantau oleh sensor kelembaban tanah.

### 3.6 Dampak Ekonomi dan Sosial

Penerapan sistem drip irrigation berbasis IoT memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi petani anggur di Desa Rajamandala Kulon. Peningkatan produktivitas tanaman anggur berkisar antara 20 hingga 35 persen dibandingkan dengan metode budidaya konvensional, tergantung pada kombinasi perlakuan yang diterapkan. Peningkatan produktivitas ini secara langsung meningkatkan pendapatan petani karena jumlah buah yang dapat dijual lebih banyak dengan kualitas yang lebih baik.

Pengurangan biaya operasional juga menjadi salah satu keuntungan ekonomis dari sistem ini. Biaya tenaga kerja untuk penyiraman berkurang hingga 30 persen karena proses penyiraman dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan intensif. Efisiensi penggunaan air dan pupuk juga mengurangi biaya input produksi. Meskipun investasi awal untuk instalasi sistem IoT cukup tinggi, analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa biaya tersebut dapat kembali dalam waktu 2 hingga 3 musim tanam melalui peningkatan produktivitas dan pengurangan biaya operasional.

Dari segi sosial, program ini meningkatkan kapasitas dan pengetahuan petani dalam mengadopsi teknologi pertanian modern. Pelatihan dan pendampingan yang diberikan selama

kegiatan tidak hanya fokus pada aspek teknis pengoperasian sistem, tetapi juga pada pemahaman konsep smart farming, interpretasi data sensor, dan pengambilan keputusan berbasis informasi. Hal ini memberdayakan petani untuk menjadi lebih mandiri dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Keberhasilan program ini juga membuka peluang untuk replikasi di desa-desa lain dengan potensi pertanian serupa. Posyantekdes Ikhlis Ramaku sebagai mitra pelaksana kegiatan berperan penting sebagai pusat layanan teknologi desa yang dapat mendiseminasikan pengetahuan dan pengalaman kepada masyarakat luas. Pembentukan kelompok tani yang saling mendukung dan berbagi informasi juga memperkuat keberlanjutan adopsi teknologi ini.

### 3.7 Tantangan dan Solusi

Selama pelaksanaan kegiatan, beberapa tantangan teknis dan non-teknis ditemui. Tantangan teknis utama adalah stabilitas koneksi internet di wilayah pedesaan yang kadang tidak stabil, menyebabkan gangguan pada pengiriman data sensor ke server cloud. Solusi yang diterapkan adalah menambahkan sistem penyimpanan data lokal pada mikrokontroler sehingga data tetap tersimpan meskipun koneksi internet terputus, dan akan disinkronkan ke server ketika koneksi pulih kembali.

Tantangan lain adalah kalibrasi sensor yang harus dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi pembacaan. Sensor kelembaban tanah dan sensor EC dapat mengalami pergeseran akurasi seiring waktu akibat kontaminasi atau korosi. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan pelatihan kepada petani mengenai prosedur kalibrasi sederhana yang dapat dilakukan secara mandiri menggunakan alat kalibrasi standar.

Dari segi non-teknis, resistensi terhadap perubahan dari sebagian petani yang sudah terbiasa dengan metode konvensional menjadi tantangan awal. Pendekatan partisipatif melalui sosialisasi, demonstrasi lapangan, dan pelibatan tokoh masyarakat dalam program membantu mengurangi resistensi tersebut. Petani yang awalnya skeptis menjadi lebih terbuka setelah melihat hasil nyata dari demonstrasi plot percobaan.

Tantangan keberlanjutan program juga menjadi perhatian. Untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik setelah program berakhir, dibentuk tim teknis lokal yang terdiri dari petani terlatih yang bertanggung jawab dalam pemeliharaan rutin sistem, troubleshooting masalah sederhana, dan koordinasi dengan pihak eksternal jika diperlukan bantuan teknis lebih lanjut.

## 4. Kesimpulan

Penerapan sistem drip irrigation berbasis Internet of Things pada budidaya tanaman anggur di Desa Rajamandala Kulon terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi serta produktivitas tanaman. Sistem ini mampu mendistribusikan air dan nutrisi secara otomatis, terukur, dan tepat sasaran berdasarkan data real-time dari sensor lingkungan. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan dengan dosis nutrisi sedang (EC 1,8 mS/cm) dan strategi irigasi berbasis sensor kelembaban tanah pada ambang 25 persen memberikan hasil terbaik dalam hal pertumbuhan vegetatif, hasil panen, dan kualitas buah.

Efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30 persen dibandingkan metode konvensional, sementara produktivitas tanaman anggur meningkat antara 20 hingga 35 persen. Sistem ini juga berhasil mengurangi biaya tenaga kerja dan operasional hingga 30 persen, memberikan dampak ekonomi positif bagi petani. Kualitas buah yang dihasilkan juga meningkat yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai Brix dan bobot buah.

Dari segi sosial, program ini meningkatkan kapasitas dan pengetahuan petani dalam mengadopsi teknologi pertanian modern, serta membentuk kelompok tani yang saling mendukung dalam penerapan smart farming. Keberlanjutan program sangat bergantung pada komitmen masyarakat lokal dalam pemeliharaan sistem dan pengembangan lebih lanjut. Pembentukan tim teknis lokal dan peran Posyantekdes sebagai pusat layanan teknologi desa menjadi kunci keberhasilan jangka panjang.

Program ini diharapkan dapat menjadi model replikasi untuk pengembangan smart farming di wilayah pedesaan lainnya, berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian nasional, ketahanan pangan, dan kesejahteraan petani. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi optimalisasi parameter sistem pada berbagai varietas anggur dan kondisi agroklimat yang berbeda, serta pengembangan sistem prediktif berbasis machine learning untuk meningkatkan akurasi pengelolaan irigasi dan nutrisi

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Desa Rajamandala Kulon, pengurus Posyantekdes Ikhlas Ramaku, serta seluruh petani dan masyarakat yang telah berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan kegiatan ini. Semoga hasil kegiatan ini memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi pengembangan pertanian di wilayah Kabupaten Bandung Barat

### Daftar Pustaka

- [1] R. Widayat and D. Suryana, "Analisis budidaya tanaman anggur di Indonesia: Tantangan dan peluang," *Jurnal Hortikultura Indonesia*, vol. 11, no. 3, pp. 195-205, 2020.
- [2] Suryanto, "Sistem pemupukan tanaman anggur di Indonesia," *Buletin Tanaman Buah*, vol. 16, no. 2, pp. 67-78, 2019.
- [3] Yuliana, "Fluktuasi harga anggur dan dampaknya terhadap petani," *Jurnal Ekonomi Pertanian*, vol. 18, no. 4, pp. 234-246, 2020.
- [4] R. Adhikari, K. L. Bristow, and P. S. Casey, "Controlled release fertilizers for sustained nutrient supply: A review of the mechanisms and applications," *Advances in Agronomy*, vol. 161, pp. 113-182, 2020. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.11.002>
- [5] A. Nugroho, "Dampak pemupukan berlebih terhadap kualitas tanah dan produktivitas tanaman," *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, vol. 21, no. 2, pp. 89-98, 2019.
- [6] R. Kumar and M. Singh, "Internet of Things (IoT) applications in agriculture: A review," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 2500-2510, 2019. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.264>
- [7] S. A. Tilahun, B. M. Teklu, and H. M. Taddese, "Smart irrigation system for precision agriculture using IoT," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 5, pp. 163-170, 2021. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120521>
- [8] D. Prasetyo, "Teknologi drip irrigation untuk efisiensi air pada tanaman hortikultura," *Jurnal Irigasi*, vol. 15, no. 1, pp. 23-34, 2020.
- [9] R. Hidayat, "Produktivitas anggur di Jawa Barat: Tantangan dan peluang," *Jurnal Hortikultura Indonesia*, vol. 11, no. 2, pp. 145-156, 2020.
- [10] V. Phogat, M. A. Skewes, M. Mahadevan, and J. W. Cox, "Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond orchard," *Agricultural Water Management*, vol. 179, pp. 210-223, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.014>
- [11] Q. Chai, Y. Gan, N. C. Turner, R. Zhang, C. Yang, and Y. Niu, "Water-saving innovations in Chinese agriculture," *Advances in Agronomy*, vol. 135, pp. 119-181, 2016. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.09.004>

- [12] R. A. Putra and D. Santoso, "Penerapan IoT dalam pertanian presisi: Kajian literatur," Jurnal Teknik Pertanian, vol. 19, no. 3, pp. 178-189, 2021.
- [13] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Smart farming: Inovasi teknologi pertanian presisi. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura, 2021.



Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhakti Wastukencana, yang diterbitkan oleh Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) melalui kegiatan pengabdian yang berfokus pada Penerapan IPTEK pada kegiatan Perekonomian Masyarakat desa dimana di harapkan akan memberikan pekerjaan yang layak, melalui aktivitas industry kecil dan mikro serta meningkatkan penggunaan bahan local untuk meningkatkan konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, khususnya terkait SDG 8 (delapan) dan SDG 9 (Sembilan) dan SDG 12 (Belas ) melalui kegiatan PKM Penerapan IoT pada budidaya Anggur Di Desa Rajamandala Kulon