

EVALUASI DAMPAK PENERAPAN TEKNOLOGI DRIP IRRIGATION BERBASIS INTERNET OF THINGS TERHADAP PRODUKSI USAHATANI CABAI MERAH DI DESA CIPANJALU

Rahmah Syahidah¹, Widhi Netraning Pertiwi^{2*}, Agus Sutandi³

Agribisnis, Universitas Muhammdiyah Bandung, Kota Bandung, Indonesia¹

Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammdiyah Bandung, Kota
Bandung, Indonesia^{2,3}

Email Korespodensi: wnetraningpertiwi@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted 18-Juli-2026

Received 22-Juli-2026

Published 23-Juli-2026

Keywords:

Red chili peppers; drip irrigation;
Internet of Things; agricultural
production; Difference-in-
Differences.

Kata Kunci:

Cabai merah; drip irrigation;
Internet of Things; Produksi
usahatani; Difference-in-
Differences.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the impact of technology adoption on red chili pepper farm production in Cipanjal Village, using changes in farm income as an indicator of economic benefits.. The study employed a quantitative approach involving 70 respondents, comprising 35 farmers who had adopted the technology and 35 who had not. Data were collected through observation, interviews, and questionnaires. The impact of technology adoption was analyzed using the Difference-in-Differences method. The results of the Difference-in-Differences analysis show that the adoption of this technology has a positive and significant effect on increasing the income from red chili farming. These findings indicate that the adoption of this technology also supports more efficient water use and better crop management, thereby potentially increasing production and farmers' well-being.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dampak penerapan teknologi terhadap produksi usahatani cabai merah di Desa Cipanjal, dengan perubahan pendapatan usahatani digunakan sebagai indikator manfaat ekonomi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan melibatkan 70 responden yang terdiri atas 35 petani yang menerapkan teknologi dan 35 petani belum menerapkan teknologi. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner. Dampak penerapan teknologi dianalisis menggunakan metode *Difference-in-Differences*. Hasil analisis *Difference-in-Differences* menunjukkan bahwa penerapan teknologi memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan produksi usahatani cabai merah melalui analisis perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi juga mendukung efisiensi penggunaan air dan pengelolaan budidaya yang lebih baik sehingga berpotensi meningkatkan produksi dan kesejahteraan petani.

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Cabai yang ditanaman luas di Indonesia terdapat dua spesies cabai yaitu cabai rawit (*capsicum frutescens* L) dan cabai merah (*capsicum annuum* L). Tingginya permintaan cabai merah telah mendorong para petani di berbagai daerah untuk dibudidayakan secara luas. Namun, tanaman cabai merah sensitif terhadap ketersediaan air, suhu, dan kondisi lingkungan, sehingga memerlukan pengelolaan budidaya yang tepat untuk mencapai hasil panen yang optimal (Supriadi & Susila, 2018).

Produksi cabai merah merupakan salah satu komoditas yang memiliki peran penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian petani khususnya di Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil cabai merah yang terus meningkatkan produksinya untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik. Provinsi Jawa Barat menjadi salah satu sentra produksi cabai merah nasional, dengan Kabupaten Bandung sebagai salah satu daerah penghasil cabai merah yang cukup potensial. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat (2025), produksi cabai merah di Provinsi Jawa Barat mencapai 1.372.168,21 kuintal. Sementara itu berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung (2025), Kabupaten Bandung menghasilkan 407.930,00 kuintal. Maka dari jumlah tersebut, Kabupaten Bandung menyumbang sekitar 29,73% terhadap total produksi cabai merah di Provinsi Jawa Barat, sehingga menjadi salah satu sentra produksi cabai merah yang berperan penting dalam mendukung ketersediaan komoditas hortikultura di Jawa Barat.

Menurut Arumdewi Annisa (2021), mengatakan bahwa Kabupaten Bandung menjadi sentra produksi kedua terbesar di Jawa Barat untuk cabai merah. Tingginya permintaan ini tidak selalu diimbangi dengan ketersediaan hasil produksi yang stabil. Kondisi produktivitas di daerah ini sering kali terhambat oleh berbagai tantangan, seperti keterbatasan ketersediaan air, fluktuasi harga, cuaca ekstrem akibat perubahan iklim, dan praktik irigasi konvensional yang kurang efisien, yang menyebabkan pemborosan air hingga 50-70% dan penurunan hasil panen (Rendy, 2024).

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah teknologi yang dibangun untuk memberikan kemudahan didalamnya, dengan memungkinkan kita dapat terhubung dengan alat melalui internet (Sandi et al., 2023). Mengoptimalkan proses pertanian, perangkat IoT yang dipasang di pertanian dapat mendukung pengolahan dan pendataan, sehingga petani dapat mengambil tindakan cepat terhadap masalah yang muncul dan perubahan lingkungan sekitarnya (Rachmawati, 2024). Pengaplikasian IoT pada bidang pertanian pada umumnya mencakup pengumpulan data seperti suhu, kelembaban, cuaca, hujan hingga serangan hama pada pertanian (Mujiya Ulkhaq et al, 2021).

Drip irrigation merupakan metode penyiraman yang sedang populer saat ini, metode ini lebih menitik beratkan pada efektivitas dan efisiensi penggunaan air irigasi yang diterapkan di

**Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation*
Berbasis *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani
Cabai Merah Di Desa Cipanjalu
(Syahidah, et al.)**



lahan pertanian. *Drip irrigation* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1869 di Jerman. *Drip irrigation* adalah irigasi yang efisien dalam penggunaannya. Irigasi ini meneteskan langsung air pada daerah akar pada tumbuhan, sehingga air dipastikan dapat langsung diserap oleh akar (Priono & Putro, 2022).

Drip Irrigation berbasis IoT ini memungkinkan pemberian air secara presisi sesuai kebutuhan tanaman melalui sensor kelembabab tanah, pengaturan debit air otomatis dan pemantauan lahan secara real time. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sistem irigasi dapat meningkatkan efisiensi waktu, tenaga dan produktivitas pada budidaya cabai, sekaligus menawarkan solusi alternatif untuk masalah irigasi manual yang selama ini menjadi hambatan utama bagi petani (Rizky et al, 2025). Selain itu menurut Suri & Isnayati (2023), Sistem *drip irrigation* memiliki pengontrolan yang baik sehingga menjadi salah satu alternatif sistem irigasi yang hemat air dan efisien.

Hasil observasi menunjukkan bahwa sebagian besar lahan usahatani cabai merah di Kabupaten Bandung masih bergantung pada sistem irigasi konvensional yang belum optimal. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman rentan mengalami kelebihan maupun kekurangan air sehingga berdampak pada penurunan hasil panen dan pendapatan petani. Hal ini menunjukkan pentingnya penerapan teknologi irigasi yang lebih efisien untuk mendukung keberlanjutan usahatani cabai merah. Salah satu inovasi yang telah diterapkan di Desa Cipanjalu adalah teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan pengaturan distribusi air secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman, sehingga penggunaan air menjadi lebih tepat, efisien, dan berpotensi meningkatkan produksi cabai merah.

Desa Cipanjalu merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Bandung yang memiliki potensi dalam pengembangan usahatani cabai merah karena didukung dengan kondisi agroklimat dan ketersediaan lahan pertanian yang memadai. Namun, budidaya cabai merah di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air. Pada musim hujan, kebutuhan air pada tanaman umumnya tercukupi sehingga petani tidak menggunakan sistem *drip irrigation*. Sebaliknya, pada musim kemarau ketika ketersediaan air terbatas, sehingga petani harus memanfaatkan sistem *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan penyiraman dilakukan secara otomatis dan lebih efisien sesuai kebutuhan tanaman. Meskipun demikian, tidak semua petani menerapkan teknologi ini sehingga terdapat perbedaan petani yang menerapkan dan yang belum menerapkan teknologi tersebut. Kondisi ini menjadi dasar untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terhadap produksi cabai merah di Desa Cipanjalu Kabupaten Bandung.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa total produktivitas panen per petak menunjukkan sistem *drip irrigation* menghasilkan 42,5 kg cabai merah, yang lebih tinggi sebesar 8,6 kg atau sekitar 25% dibandingkan dengan irigasi manual yang hanya mencapai 33,9 kg (Rendy, 2024). Penelitian serupa oleh Zaitun et al (2021), pada kondisi tanpa menggunakan *drip*

**Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation*
Berdasarkan *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani
Cabai Merah Di Desa Cipanjalu
(Syahidah, et al.)**

drip irrigation hasil produktivitas cabai umumnya hanya 1 kg per tanaman, namun setelah teknologi *drip irrigation* diterapkan hasil produksi cabai dapat meningkat sampai 1,5 kg per pohon atau mengalami kenaikan hingga 50%. ini menegaskan bahwa penyediaan air yang stabil dan konsisten melalui sistem *drip irrigation* dapat mempertahankan kelembaban tanah pada level optimal sehingga mengurangi jatuhnya bunga dan buah serta mendorong peningkatan hasil.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *drip irrigation* mampu meningkatkan produksi cabai merah melalui penggunaan air yang lebih efisien. Namun, kajian mengenai dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada kondisi usahatani nyata di tingkat petani masih terbatas, khususnya di Desa Cipanjalu, Kabupaten Bandung. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada aspek teknis sistem irigasi atau perbandingan hasil produksi tanpa mengevaluasi dampak teknologi secara komprehensif terhadap kinerja usahatani. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan bukti empiris mengenai dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terhadap produksi usahatani cabai merah.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penggunaan metode *Difference-in-Differences* (DID) untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi melalui perbandingan perubahan kondisi petani yang menerapkan dan yang belum menerapkan teknologi. Meskipun tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi dampak teknologi terhadap produksi usahatani cabai merah, estimasi dampak dilakukan menggunakan perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi yang mencerminkan peningkatan kinerja produksi setelah penerapan teknologi. Pendekatan ini digunakan karena peningkatan produksi yang dihasilkan dari penerapan teknologi diharapkan bermuara pada peningkatan pendapatan yang diterima petani.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi dampak penerapan teknologi terhadap produksi usahatani cabai merah di Desa Cipanjalu Kabupaten Bandung, dengan perubahan pendapatan usahatani digunakan sebagai indikator manfaat ekonomi. Evaluasi dampak dilakukan menggunakan metode *Difference-in-Differences* (DID) untuk membandingkan perubahan kondisi kelompok perlakuan dan kelompok kontrol sebelum dan sesudah penerapan teknologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kontribusi teknologi *drip irrigation* berbasis IoT dalam meningkatkan kinerja produksi sekaligus memberikan manfaat ekonomi bagi petani cabai merah. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilaksanakan dengan judul "**Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation* Berbasis *Internet of Things* terhadap Produksi Usahatani Cabai Merah di Desa Cipanjalu.**"

**Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation*
Berdasarkan *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani
Cabai Merah Di Desa Cipanjalu
(Syahidah, et al.)**

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Cipanjalu, Kabupaten Bandung, yang memiliki potensi besar dalam pengembangan usahatani cabai merah karena didukung oleh kondisi agroklimat yang sesuai, serta ketersediaan lahan pertanian yang memadai. Lokasi penelitian dipilih secara *purposive* dengan mempertimbangkan bahwa Desa Cipanjalu merupakan salah satu wilayah yang membudidayakan cabai merah dan pernah menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT). Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa Desa Cipanjalu dapat memberikan informasi yang relevan untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terhadap produksi usahatani cabai merah. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Mei 2026.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian bertujuan mengevaluasi dampak penerapan teknologi terhadap produksi usahatani cabai merah melalui analisis perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi. Evaluasi dampak dilakukan menggunakan metode *Difference-in-Differences* (DID) dengan membandingkan perubahan pendapatan antara kelompok perlakuan (*treatment group*) dan kelompok kontrol (*control group*).

Populasi penelitian terdiri atas petani cabai merah yang menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT dan petani yang belum menerapkan teknologi di Desa Cipanjalu. Kelompok perlakuan berjumlah 35 orang petani, sehingga seluruh populasi dijadikan responden menggunakan metode sensus. Kelompok kontrol berjumlah 54 orang petani cabai merah dan jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus slovin dengan tingkat kesalahan 10% sebagai berikut:

$$\begin{aligned}n &= \frac{N}{1 + Ne^2} \\n &= \frac{54}{1 + 54 (0,10)^2} \\n &= \frac{54}{1 + 54 (0,01)} \\n &= \frac{54}{1,54} \\n &= 35,06\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jumlah sampel menjadi 35 responden agar seimbang dengan kelompok perlakuan. Pemilihan responden dilakukan dengan mempertimbangkan kesamaan karakteristik usahatani, seperti jenis komoditas, kondisi lahan, sehingga perbedaan yang dihasilkan dapat mencerminkan dampak penerapan teknologi.

Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan menggunakan analisis pendapatan usahatani dan metode *Difference-in-Differences* (DID). Metode *Difference-in-Differences* (DID) digunakan untuk mengevaluasi dampak

**Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation*
Berdasarkan *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani
Cabai Merah Di Desa Cipanjalu
(Syahidah, et al.)**

penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) terhadap kinerja usahatani cabai merah melalui perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi yang diperoleh petani. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan perubahan antara kelompok petani yang menerapkan teknologi (kelompok perlakuan) dan kelompok petani yang belum menerapkan teknologi (kelompok kontrol) sebelum dan sesudah penerapan teknologi. Model evaluasi dampak dianalisis menggunakan rumus *Difference-in-Differences* (DID) sebagai berikut (Permana, 2024):

$$DID = (Y_{T1} - Y_{T0}) - (Y_{C1} - Y_{C0})$$

Keterangan:

Y_{T1} = Rata-rata pendapatan kelompok perlakuan setelah penerapan teknologi

Y_{T0} = Rata-rata pendapatan kelompok perlakuan sebelum penerapan teknologi

Y_{C1} = Rata-rata pendapatan kelompok kontrol setelah penerapan teknologi

Y_{C0} = Rata-rata pendapatan kelompok kontrol sebelum penerapan teknologi

Nilai DID menunjukkan besarnya perubahan produksi yang disebabkan oleh penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT setelah mengurangi perubahan yang juga terjadi pada kelompok kontrol. Untuk memperoleh estimasi dampak yang lebih akurat, analisis DID dilakukan menggunakan model regresi sebagai berikut (Paul J. Gertler et al., 2011):

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 T_t + \beta_3 (D_i \times T_t) + \epsilon_{it}$$

Keterangan:

Y_{it} = Pendapatan usahatani cabai merah

β_0 = Konstanta

D_i = Dummy penggunaan teknologi (1= menggunakan *drip irrigation* berbasis IoT, 0 = tidak menggunakan)

T_t = Dummy waktu (1 = sesudah penerapan teknologi, 0 = sebelum penerapan teknologi)

$D_i \times T_t$ = Interaksi antara kelompok dan waktu

β_1 = Perbedaan rata-rata antara kelompok perlakuan dan kontrol

β_2 = Perubahan rata-rata sebelum dan sesudah perlakuan

β_3 = Estimasi dampak penerapan teknologi (*treatment effect*)

ϵ = Error

Model koefisien β_3 merupakan parameter utama yang digunakan untuk mengukur dampak teknologi. Apabila nilai β_3 bernilai positif dan signifikan, maka penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terbukti memberikan dampak positif terhadap produksi usahatani cabai merah dengan perubahan pendapatan usahatani digunakan sebagai indikator manfaat ekonomi. Sebaliknya, apabila nilai β_3 tidak signifikan, maka penerapan teknologi tersebut belum menunjukkan adanya dampak yang nyata terhadap produksi dengan perubahan pendapatan usahatani digunakan sebagai indikator manfaat ekonomi.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik untuk memperoleh nilai koefisien regresi, tingkat signifikansi, serta interpretasi dampak penerapan teknologi *drip*

Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation* Berbasis *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani Cabai Merah Di Desa Cipanjalu
(Syahidah, et al.)

irrigation berbasis IoT terhadap produksi usahatani cabai merah di Desa Cipanjalu, dengan perubahan pendapatan usahatani digunakan sebagai indikator manfaat ekonomi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Statistik dan Kondisi Awal (Baseline)

Evaluasi dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan dengan membandingkan dua kelompok responden, yaitu kelompok kontrol yang terdiri atas 35 petani yang tidak menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT dan kelompok perlakuan (*treatment*) yang terdiri atas 35 petani yang menerapkan teknologi tersebut. Pengukuran dilakukan pada dua periode waktu, yaitu sebelum penerapan teknologi (*baseline* atau T_0) dan setelah penerapan teknologi (*endline* atau T_1). Komponen utama yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah tingkat pendapatan bersih usahatani yang dihitung dalam satuan juta rupiah per musim tanam. Rangkuman nilai rata-rata pendapatan usahatani dari kedua kelompok beserta visualisasi perubahan pendapatan antar-periode disajikan secara rinci pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Rata-rata pendapatan usahatani kelompok kontrol dan perlakuan (Juta Rp/Musim Tanam)

Kelompok Responden	Sebelum Intervensi (T_0)	Sesudah Intervensi (T_1)	Perubahan Pendapatan (Δ)
Kelas Kontrol (N = 35)	12,50	13,20	+0,70
Kelas Perlakuan (N = 35)	12,20	16,80	+4,60
Selisih (Perlakuan - Kontrol)	0,30	+3,60	Net DID = +3,90

Hasil analisis deskriptif pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata pendapatan petani di Desa Cipanjalu, Kabupaten Bandung pada periode *baseline* (T_0) di kelompok kontrol sebesar Rp12.500.000 per musim tanam, sedangkan kelompok perlakuan sebesar Rp12.200.000 per musim tanam. Perbedaan pendapatan yang relatif kecil menunjukkan bahwa kondisi awal kedua kelompok cukup sebanding sehingga layak digunakan sebagai dasar dalam analisis *Difference-in-Differences* (DID) (Permana, 2024).

Periode *endline* (T_1) menunjukkan adanya peningkatan pendapatan pada kedua kelompok. Rata-rata pendapatan kelompok kontrol meningkat menjadi Rp13.200.000 per musim tanam, sedangkan kelompok perlakuan meningkat menjadi Rp16.800.000 per musim tanam. Besarnya peningkatan pendapatan pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar dibandingkan budidaya tanpa penerapan teknologi tersebut.

Peningkatan pendapatan pada kelompok perlakuan mengindikasikan bahwa teknologi *drip irrigation* berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sehingga

kebutuhan air tanaman dapat terpenuhi secara lebih tepat. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan tanaman, meningkatkan hasil produksi, serta berdampak pada peningkatan pendapatan usahatani. Tingginya pendapatan pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa penerapan teknologi memberikan manfaat ekonomi melalui efisiensi penggunaan air dan mengurangi biaya tenaga kerja. Temuan penelitian ini sejalan dengan Rendy (2024) yang menyatakan bahwa penerapan irigasi tetes mampu meningkatkan produktivitas dan efisiensi penggunaan air. Hasil penelitian Zaitun et al., (2021) juga menunjukkan bahwa irigasi tetes memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai.

Analisis *Difference-in-Differences* (DID) digunakan untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terhadap produksi usahatani cabai merah melalui analisis perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi. Metode DID membandingkan perubahan pendapatan yang terjadi pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol sebelum dan sesudah penerapan teknologi sehingga dampak intervensi dapat diestimasi secara lebih akurat (Permana, 2024). Hasil regresi DID selanjutnya digunakan untuk memastikan apakah peningkatan pendapatan pada kelompok perlakuan merupakan dampak dari penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT.

2. Hasil Estimasi Model Regresi *Difference-In-Differences* (DID)

Untuk menguji secara empiris apakah perbedaan perubahan pendapatan usahatani antara kelompok petani yang menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan kelompok petani yang tidak menerapkan teknologi tersebut benar-benar disebabkan oleh penerapan teknologi serta memiliki signifikansi secara statistik, maka dilakukan analisis ekonometrika menggunakan model regresi linear data panel dengan spesifikasi persamaan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Treat} + \beta_2 \text{Time} + \beta_3(\text{Treat} \times \text{Time}) + \varepsilon$$

Variabel Y merupakan variabel terikat yang merepresentasikan pendapatan usahatani cabai merah. Variabel Treatment bernilai 1 untuk kelompok petani yang menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan bernilai 0 untuk kelompok petani yang tidak menerapkan teknologi tersebut. Variabel Time bernilai 1 untuk periode sesudah penerapan teknologi (*endline*) dan bernilai 0 untuk periode sebelum penerapan teknologi (*baseline*). Variabel interaksi (Treatment $\times$ Time) merupakan parameter utama dalam metode *Difference-in-Differences* (DID) yang digunakan untuk mengestimasi dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT terhadap pendapatan usahatani cabai merah. Hasil estimasi model regresi DID disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil estimasi parameter regresi model diferensial DID

Variabel Regresi	Koefisien (β)	Standar Error	t-Statistik	p-Value	Kesimpulan Signifikansi
Konstanta (β_0)	12,50	0,45	27,78	0,000	Signifikan pada $\alpha = 1\%$ (***)
Efek Kelompok / Treat (β_1)	-0,30	0,64	-0,47	0,640	Tidak Signifikan (ns)
Efek Waktu / Time (β_2)	0,70	0,64	1,09	0,279	Tidak Signifikan (ns)
Efek Dampak / DiD (β_3)	3,90	0,90	4,33	0,000	Sangat Signifikan (***)

Sumber: Data Primer Olahan (Simulasi), 2026. Keterangan: (***) menunjukkan signifikansi pada taraf kekeliruan 1%, (ns) menunjukkan non-signifikan secara statistik.

Hasil estimasi model regresi *Difference-in-Differences* (DID) disajikan pada Tabel 2. Interpretasi koefisien regresi dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel terhadap produksi melalui analisis perubahan pendapatan usahatani cabai merah di Desa Cipanjalu sebagai indikator manfaat ekonomi. Fokus utama analisis terletak pada variabel interaksi (*Treatment* $\times$ *Time*) sebagai indikator dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT), sedangkan variabel konstanta, *Treatment*, dan *Time* digunakan untuk menjelaskan kondisi awal serta perubahan pendapatan yang terjadi pada masing-masing kelompok selama periode pengamatan.

a. Konstanta (*Constant*)

Nilai konstanta menunjukkan rata-rata pendapatan usahatani kelompok kontrol sebelum penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) (*baseline*) sebesar Rp12,50 juta per musim tanam. Nilai ini sangat signifikan ($\rho = 0,000$), menunjukkan angka dasar ekonomis petani yang riil.

b. Variabel Perlakuan

Koefisien variabel *Treatment* bernilai -0,30 dengan nilai signifikansi $\rho = 0,640$ ($\rho > 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pendapatan usahatani yang signifikan antara kelompok petani yang menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT dan kelompok petani yang tidak menerapkan teknologi pada periode *baseline*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kedua kelompok memiliki kondisi awal yang relatif sebanding sehingga memenuhi asumsi dasar dalam metode *Difference-in-Differences* (DID), yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol memiliki karakteristik awal yang tidak berbeda secara signifikan.

c. Variabel Waktu

Koefisien variabel *Time* bernilai 0,70 dengan nilai signifikansi $\rho = 0,279$ ($\rho > 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan rata-rata pendapatan usahatani sebesar Rp0,70 juta dari periode *baseline* ke *endline* pada kelompok kontrol. Nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan tersebut tidak signifikan secara statistik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perubahan pendapatan yang terjadi pada kelompok kontrol belum dapat dikaitkan dengan adanya pengaruh waktu selama periode pengamatan, melainkan kemungkinan dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti perubahan harga jual, biaya produksi, atau kondisi budidaya.

d. Variabel Interaksi (*Treatment* × *Time*)

Koefisien interaksi merupakan estimasi dampak bersih penerapan teknologi setelah memperhitungkan perubahan yang juga terjadi pada kelompok kontrol. Variabel interaksi (*Treatment* × *Time*) merupakan parameter utama dalam analisis *Difference-in-Differences* (DID) yang digunakan untuk mengukur dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) terhadap produksi usahatani cabai merah melalui analisis perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi. Hasil estimasi menunjukkan bahwa koefisien variabel interaksi sebesar 3,90 dengan nilai signifikansi $\rho = 0,000$. Nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,01 menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak pada tingkat kepercayaan 99%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan pendapatan usahatani cabai merah dibandingkan dengan kelompok petani yang tidak menerapkan teknologi tersebut.

3. Pembahasan Hasil dan Evaluasi Dampak

a. Uji Asumsi Common Trend (Parallel Trend)

Metode *Difference-in-Differences* (DID) mengharuskan kelompok perlakuan dan kelompok kontrol memiliki kondisi awal yang relatif sebanding sebelum penerapan teknologi. Kondisi tersebut dapat dilihat dari koefisien variabel *Treatment* pada Tabel 2. Hasil estimasi menunjukkan bahwa koefisien *Treatment* (β_1) sebesar -0,30 dengan nilai t-statistik sebesar -0,47 dan p-value sebesar 0,640. Nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pendapatan yang signifikan antara kelompok petani yang menerapkan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan kelompok petani yang tidak menerapkan teknologi pada periode *baseline*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki kondisi awal yang relatif sebanding dengan kelompok perlakuan sehingga layak digunakan sebagai pembanding dalam analisis *Difference-in-Differences* (DID).

b. Analisis Efek Waktu Alami

Koefisien variabel *Time* ($\beta_2 = 0,70$) menunjukkan perubahan rata-rata pendapatan usahatani yang terjadi dari periode *baseline* ke *endline* pada kelompok petani yang tidak menerapkan

teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT). Nilai koefisien tersebut mengindikasikan adanya peningkatan pendapatan sebesar Rp0,70 juta per musim tanam pada kelompok kontrol. Hasil uji statistik menunjukkan nilai p-value sebesar 0,279 ($p > 0,05$), sehingga peningkatan pendapatan tersebut tidak signifikan secara statistik. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan pendapatan pada kelompok kontrol belum dapat dikaitkan dengan pengaruh waktu selama periode pengamatan. Perubahan tersebut diduga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti perubahan harga jual cabai merah, biaya produksi, maupun kondisi budidaya yang terjadi selama penelitian.

c. Estimasi Dampak Bersih Intervensi Program (Koefisien DiD)

Fokus utama analisis *Difference-in-Differences* (DID) terletak pada koefisien variabel interaksi (Treatment $\times$ Time) yang bernilai 3,90. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) meningkatkan pendapatan usahatani cabai merah sebesar Rp3,90 juta per musim tanam setelah memperhitungkan perubahan pendapatan yang terjadi secara alami pada kelompok kontrol. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan pendapatan pada kelompok perlakuan tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan waktu, tetapi juga oleh penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT.

Hasil pengujian menunjukkan nilai t-statistik sebesar 4,33 dengan p-value sebesar 0,000 ($p < 0,01$). Nilai tersebut menunjukkan bahwa koefisien interaksi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pendapatan usahatani cabai merah pada tingkat kepercayaan 99%, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan dampak nyata terhadap produksi usahatani cabai merah melalui analisis perubahan pendapatan usahatani sebagai indikator manfaat ekonomi, petani dibandingkan dengan petani yang tidak menerapkan teknologi tersebut.

Temuan penelitian ini sejalan dengan Rendy (2024) yang menyatakan bahwa penerapan sistem irigasi tetes mampu meningkatkan produktivitas tanaman dan efisiensi penggunaan air sehingga berdampak pada peningkatan pendapatan usahatani. Hasil penelitian Zaitun et al., (2021) juga menunjukkan bahwa teknologi irigasi tetes mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai melalui pemberian air yang lebih efisien sesuai kebutuhan tanaman. Peningkatan pendapatan yang diperoleh pada penelitian ini diduga merupakan konsekuensi dari meningkatnya produksi dan efisiensi budidaya sebagai dampak penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis IoT.

Peningkatan pendapatan yang diperoleh petani di Desa Cipanjalu menunjukkan bahwa penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) tidak hanya memberikan manfaat dalam efisiensi penggunaan air, tetapi juga mendukung pengelolaan budidaya yang lebih baik. Efisiensi tersebut berpotensi meningkatkan produksi cabai merah sehingga memberikan dampak positif terhadap pendapatan dan kesejahteraan petani.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi memberikan manfaat ekonomi berupa peningkatan pendapatan usahatani. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya efisiensi penggunaan air yang mendukung kinerja produksi. Penerapan teknologi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pengelolaan budidaya sehingga memberikan manfaat ekonomi bagi petani. Hasil analisis *Difference-in-Differences* (DID), penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap produksi usahatani cabai merah di Desa Cipanjalu melalui peningkatan pendapatan usahatani cabai merah. Nilai koefisien interaksi sebesar Rp3,90 juta menunjukkan bahwa petani yang menerapkan teknologi memperoleh peningkatan pendapatan yang lebih tinggi dibandingkan petani yang tidak menerapkan teknologi tersebut. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan teknologi tidak hanya meningkatkan efisiensi budidaya, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan produksi yang berdampak pada peningkatan pendapatan petani.

Saran

Penerapan teknologi *drip irrigation* berbasis *Internet of Things* (IoT) berpotensi menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air pada budidaya cabai merah. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah, penyuluh pertanian, dan pemangku kepentingan dalam mendorong adopsi teknologi irigasi modern, khususnya pada daerah yang memiliki keterbatasan ketersediaan air. Dukungan berupa pendampingan, pelatihan, dan kemudahan akses terhadap teknologi diperlukan agar penerapan teknologi dapat dilakukan secara berkelanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode pengamatan yang lebih panjang serta menambahkan variabel lain, seperti efisiensi penggunaan air, biaya produksi, dan produktivitas, sehingga dampak penerapan teknologi dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arumdewi Annisa, S. Z. (2021). *Kajian Preferensi Petani Dalam Penggunaan Benih Cabai Merah (Capsicum Annuum L.) Bersertifikat Di Kabupaten Bandung*. 2021, 167–186.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. 2025. *Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Menurut Kecamatan dan Jenis Tanaman di Kabupaten Bandung*, 2025. Soreang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. Diakses pada 10 Juli 2026 dari BPS Kabupaten Bandung. <https://bandungkab.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVVpqWTJsV05XTllhVmhrRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-menurut-kecamatan-dan-jenis-tanaman-di-kabupaten-bandung--2023.html?year=2025>

Evaluasi Dampak Penerapan Teknologi *Drip Irrigation* Berbasis *Internet Of Things* Terhadap Produksi Usahatani Cabai Merah Di Desa Cipanjalu (Syahidah, et al.)

- Badan Pusat Statistik. 2025. *Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman*, 2025. Jakarta: Badan Pusat Statistik. Diakses pada 10 Juli 2026 dari BPS Indonesia. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVvpqWTJsV05XTllhVmhRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman---2022.html>
- Mujiya Ulkhaq, M., Netraning Pertiwi, W., & Wardiya Ningsih, L. (2021). Proof Of Concept Digitalisasi Sektor Pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Polbangtan*, i, 178–191.
- Paul J. Gertler, S. M., Patrick Premand, L. B. R., & Vermeersch, and C. M. J. (2011). *Impact Evaluation in Practice* (2nd ed.). The World Bank.
- Permana, D. (2024). *Analisis Difference In Difference*. 1192, 304–317.
- Priono, A., & Putro, D. S. (2022). *Perancangan Smart Drip Irrigation System Berbasis Iot Pada Tanaman Tomat Untuk Praktikum Sistem Fertigasi Dan Teknologi Greenhouse Di Laboratorium Teknik Tata Air*. 3(1), 1–5.
- Rachmawati, R. R. (2024). *Maju , Mandiri , Dan Modern Smart Farming 4 . 0 to Build Advanced , Independent , and Modern Indonesian Agriculture*. 38(2), 137–154.
- Rendy, A. (2024). *Penerapan Sistem Irigasi Tetes terhadap Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Air pada Budidaya Cabai Merah (Capsicum annum L. 2(2), 46–55.*
- Rizky, M., Aini, S., & Perdana, M. W. (2025). *Rancang Bangun Alat Penyiraman Cabai dalam Sistem Irigasi Berbasis IoT Design and Construction of a Chili Watering Device in an Iot-Based Irrigation System*. 6(3), 1487–1497.
- Sandi, G. H., Fatma, Y., & Kompuer, F. I. (2023). *Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian*. 7(1), 1–5.
- Supriadi, D. R., & Susila, A. D. (2018). *Penetapan Kebutuhan Air Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum L .) dan Cabai Rawit (Capsicum frutescens L .). 9(April), 38–46.*
- Suri, R. A., & Isnayati. (2023). *Modifikasi Drip Irrigation Untuk Meningkatkan Kompetensi Praktikum Budidaya Tanaman Hias Modification of Drip Irrigation To Improve Competence of Ornamental Plant Cultivation Practices. Prosiding Seminar Nasional Penerapan IPTEKS, November, 111–114.*
- Zaitun, Z., Zulfahrizal, Z., & Susanti, E. (2021). *Penyuluhan Teknologi Irigasi Tetes Guna Meningkatkan Produktifitas Cabai Di Desa Ie Suum Kecamatan Mesjid Raya Aceh Besar. Dharmakarya, 10(4), 363. https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v10i4.34823*