

ANALISIS PENDAPATAN DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI WORTEL PADA USAHATANI PENGGUNA IOT DAN NON-IOT (STUDI KASUS: DESA GOBLEG, KABUPATEN BULELENG, BALI)

**Nia Kurniawati Hidayat¹, Arini Hardjanto², Dea Amanda³, Nuva⁴,
Titin Suhartini Koswara⁵**

^{1,2,3,4,5)} Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen,
Institut Pertanian Bogor,

Kampus IPB Dramaga, Gedung Fakultas Ekonomi dan Manajemen W3 L2, Jalan Agatis, Dramaga,
Babakan, Kec. Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia
e-mail: ¹⁾nia@apps.ipb.ac.id

(Diterima 3 Maret 2025/Revisi 14 April 2025/Disetujui 15 Mei 2025)

ABSTRACT

The increasingly intense climate change threatens the productivity and sustainability of the agricultural sector, making technology-based innovation an urgent need to maintain national food security. This study aims to analyze the impact of adopting the Internet of Things (IoT) on income and production factors in carrot farming in Gobleg Village, Buleleng Regency, Bali. The study was conducted using a comparative approach between 20 IoT-using farmers and 20 conventional farmers, utilizing primary data collected through surveys and interviews. Income analysis was performed by comparing revenues and costs, while production factors were analyzed using multiple linear regression based on the Cobb-Douglas production function. The study results indicate that adopting IoT significantly reduces labor costs by 36%, enabling greater allocation of funds for productive inputs such as fertilizers and pesticides. IoT farmers produced 5.585 kg of carrots per 5.000 m² per growing season, higher than conventional farmers (5.432 kg). The net income of IoT farmers reached Rp 8.686.758 per 5.000 m² per growing season with an R/C ratio of 1,35, while conventional farmers only achieved Rp 3.786.109 and an R/C ratio of 1,13. Regression analysis indicates that IoT adoption and land area significantly impact production, while excessive seed use reduces yields. These findings underscore the urgency of policies and investments to expand IoT adoption to enhance efficiency, productivity, and sustainability in Indonesia's horticultural agriculture sector.

Keywords: climate change, food security, internet of things, R/C ratio

ABSTRAK

Perubahan iklim yang semakin intensif mengancam produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian, sehingga inovasi berbasis teknologi menjadi kebutuhan mendesak untuk menjaga ketahanan pangan nasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak adopsi *Internet of Things* (IoT) terhadap pendapatan dan faktor-faktor produksi pada usahatani wortel di Desa Gobleg, Kabupaten Buleleng, Bali. Studi dilakukan dengan pendekatan komparatif antara 20 petani pengguna IoT dan 20 petani konvensional, menggunakan data primer yang dikumpulkan melalui survei dan wawancara. Analisis pendapatan dilakukan dengan membandingkan penerimaan dan biaya, sedangkan faktor produksi dianalisis menggunakan regresi linear berganda berbasis fungsi produksi *Cobb-Douglas*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi IoT secara signifikan menurunkan biaya tenaga kerja hingga 36%, sehingga memungkinkan alokasi dana lebih besar untuk input produktif seperti pupuk dan pestisida. Petani IoT menghasilkan 5.585 kg wortel per 5.000 m² per musim tanam, lebih tinggi dibandingkan petani konvensional (5.432 kg). Pendapatan bersih petani IoT mencapai Rp 8.686.758 per 5.000 m² per musim tanam dengan R/C ratio 1,35, sedangkan petani konvensional hanya Rp 3.786.109 dan R/C ratio 1,13. Regresi menunjukkan bahwa adopsi IoT dan luas lahan berpengaruh positif signifikan terhadap produksi, sementara penggunaan benih berlebih justru menurunkan hasil. Temuan ini menegaskan urgensi kebijakan dan investasi untuk memperluas adopsi IoT guna meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian hortikultura di Indonesia.

Kata kunci: *internet of things*, ketahanan pangan, perubahan iklim, R/C rasio

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang berdampak signifikan terhadap sektor pertanian, termasuk komoditas hortikultura seperti wortel. Kenaikan suhu dan variasi curah hujan dapat mempengaruhi produktivitas, kualitas, dan keberlanjutan usaha tani. Dalam konteks ini, penerapan praktik Pertanian Cerdas Iklim (*Climate Smart Agriculture/CSA*) menjadi penting untuk mengatasi isu kerawanan pangan dan mendorong pembangunan pertanian berkelanjutan (Irvandika & Suciati, 2024). Pertanian Cerdas Iklim (CSA) mencakup berbagai praktik dan teknologi pertanian yang dirancang untuk secara bersamaan meningkatkan produktivitas, memperkuat ketahanan, dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Prinsip dasar keberlanjutan dalam CSA adalah sebagai berikut: (1) pendekatan ini secara eksplisit bertujuan untuk mengatasi perubahan iklim dalam sistem *agri-food*; (2) CSA secara sistematis mengevaluasi sinergi dan *trade-off* yang muncul di antara upaya produktivitas, adaptasi, dan mitigasi; dan (3) CSA menggabungkan beragam praktik dan teknologi yang secara khusus disesuaikan dengan kondisi agroekologi dan konteks sosial-ekonomi yang berbeda. Ini termasuk pemanfaatan varietas tanaman yang tahan iklim, teknik pertanian konservasi, praktik agroforestri, pertanian presisi, pengelolaan air strategis, dan praktik pengelolaan ternak yang lebih baik (World Bank, 2024).

Penerapan inisiatif mitigasi perubahan iklim dalam sektor pertanian tengah diupayakan secara aktif oleh lembaga pemerintah dan petani, khususnya melalui adopsi teknologi yang sesuai dalam praktik pertanian. Integrasi teknologi ini, yang sering disebut sebagai *Internet of Things* (IoT), mencakup penggunaan komputasi dan perangkat komunikasi canggih, yang terus berkembang untuk mencapai kecanggihan yang lebih tinggi di berbagai domain, termasuk jaringan sensor nirkabel dan nanoteknologi. Kerangka IoT dirancang khusus untuk memenuhi persyaratan khusus perusahaan pertanian, dan sebagai hasilnya,

aplikasi IoT dalam satu operasi pertanian mungkin berbeda secara signifikan dari yang lain. Tujuan utama penggunaan teknologi IoT adalah untuk meningkatkan efisiensi kegiatan pertanian, sehingga mengurangi waktu dan tenaga kerja yang dibutuhkan. Lebih jauh lagi, fokus utama dari integrasi teknologi ini adalah untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil pertanian (Rallabandi et al., 2022).

Penelitian mengenai dampak adopsi teknologi IoT terhadap produksi dan pendapatan di sektor pertanian belum sepenuhnya konklusif. Meskipun ada sejumlah studi yang menunjukkan hasil positif dari adopsi IoT (Pillai & Sivathanu, 2020; Köksal & Tekinerdoğan, 2018; Asir.T & Manohar, 2023; Jayaraman et al., 2016), Penelitian sebelumnya menggunakan basis persepsi untuk menganalisis adopsi termasuk persepsi terhadap keuntungan dalam adopsi IoT, yang mungkin menyebabkan bias respon. Penelitian terdahulu juga fokus pada aspek teknis bagaimana IoT dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya melalui manajemen informasi yang lebih baik. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menunjukkan bukti yang objektif dan akurat tentang keterkaitan adopsi IoT dengan produksi dan pendapatan. Hal tersebut penting sebagai motivasi petani dalam adopsi teknologi baru. Selain itu, masih terdapat banyak variabel dan konteks yang perlu diexplorasi lebih lanjut untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif kepada pengambil keputusan sebagai dasar penentuan kebijakan yang mendukung penyebaran lebih luas terkait teknologi pertanian berbasis IoT di pertanian Indonesia. Penelitian ini menganalisis dampak adopsi IoT terhadap produksi dan pendapatan petani dengan mengambil kasus adopsi teknologi IoT berbasis masyarakat pada usahatani wortel di Kabupaten Buleleng, Bali. Petani yang tergabung dalam Kelompok Petani Muda Keren membangun sebuah aplikasi bernama *Blynk*. Petani menggunakan teknologi IoT untuk melakukan penyiraman dan pengaplikasian pupuk dan pestisida secara otomatis yang dapat dikendalikan dari jarak jauh tanpa harus berada

di lahan kebun. Saat ini petani juga sedang mengembangkan perangkat sensor untuk mendeteksi kondisi dan kandungan unsur hara tanah sehingga dapat membantu petani dalam menentukan jumlah penggunaan input yang sesuai dengan kebutuhan tanaman yang dibudidayakan.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu: (1) Membandingkan pendapatan petani yang mengadopsi IoT dan petani konvensional dan; (2) Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi wortel dan keterkaitan antara adopsi IoT dengan produksi wortel di Kabupaten Buleleng, Bali.

METODE

LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Gobleg, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali yang merepresentasikan kelompok tani hortikultura berbasis IoT (*smart farming*). Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive*) karena di lokasi tersebut terdapat kelompok tani yang menerapkan IoT dalam usahatani yang diinisiasi oleh pemuda petani yakni Kelompok Tani Muda Keren (PMK). Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Juli 2024.

JENIS DAN SUMBER DATA

Penelitian ini menggunakan data primer yang dikumpulkan melalui survei. Data primer diperoleh dari wawancara dengan responden yang merupakan petani hortikultura wortel yang sudah menerapkan IoT dan petani yang belum menerapkan IoT dalam kegiatan usahatannya.

TEKNIK SAMPLING

Populasi penelitian ini terbagi atas dua (2) kriteria, yaitu:

1. Petani hortikultura yang tergabung dalam kelompok tani yang menerapkan IoT di Buleleng, Bali.
2. Petani hortikultura yang belum menerapkan smart farming IoT di Buleleng, Bali.

Teknik pengambilan sampel (responden) untuk data primer dilakukan dengan dua (2) pendekatan, yaitu:

1. Teknik sensus, untuk petani hortikultura wortel yang tergabung dalam kelompok tani yang menerapkan IoT di Desa Gobleg, Buleleng, Bali (20 responden)
2. Teknik *non-probability sampling* dengan metode *purposive sampling* sesuai dengan kriteria yakni petani wortel yang tergabung dalam kelompok tani dan belum menerapkan IoT (20 responden).

METODE ANALISIS

Analisis Pendapatan

Analisis pendapatan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengestimasi perbedaan pendapatan petani usahatani wortel dengan menerapkan IoT dengan petani yang belum menerapkan IoT di Buleleng, Bali.

Analisis pendapatan usahatani dilakukan untuk menghitung seberapa besar penerimaan yang diterima petani dalam berusahatani yang dikurangi dengan semua biaya (Soekartawi, 1995). Penerimaan usahatani merupakan hasil perkalian antara harga wortel dengan jumlah wortel yang dihasilkan.

$$\pi_{total} = TR - TC$$

$$\pi_{tunai} = TR - Bt$$

Keterangan:

π = Pendapatan usahatani (Rp/tahun)

TR = Total penerimaan (Rp/tahun)

TC = Total biaya (Rp/tahun)

Bt = Biaya tunai usahatani wortel

(Rp/tahun)

Selanjutnya, pengukuran efisiensi usahatani hortikultura wortel berbasis IoT dan non-IoT menggunakan pendekatan R/C ratio. R/C ratio menggambarkan besarnya pendapatan kotor yang diterima oleh petani setelah mengeluarkan biaya sebanyak satu satuan. Pada penelitian ini R/C ratio dibagi menjadi 2, yaitu :

a. R/C ratio atas biaya tunai

R/C ratio atas biaya tunai dapat menggambarkan penerimaan yang diterima oleh petani setiap mengeluarkan biaya secara tunai sebesar satu rupiah. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rasio atas biaya tunai} \left(\frac{R}{C} \right) = \frac{\text{Total Penerimaan}}{\text{Biaya Tunai}}$$

b. R/C ratio atas total biaya

R/C ratio atas total biaya dapat menggambarkan penerimaan yang diterima oleh petani setelah menggunakan biaya baik itu tunai maupun non tunai sebesar satu rupiah. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rasio atas biaya total} \left(\frac{R}{C} \right) = \frac{\text{Total Penerimaan}}{\text{Biaya Total}}$$

Analisis Produksi (Regresi Linear Berganda Berbasis Fungsi Produksi Cobb Douglas)

Analisis fungsi produksi dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usahatani hortikultura wortel di Desa Goble, Buleleng, Bali, baik yang menerapkan *smart farming IoT* (CSA IoT) ataupun tidak menerapkan. Penentuan faktor-faktor didasarkan pada studi literatur dan observasi di lapang. Estimasi parameter fungsi produksi dilakukan dengan metode kuadrat terkecil OLS (*Ordinary Least Squares*).

Fungsi produksi usahatani hortikultura wortel dapat dilihat pada persamaan 1 berikut:

$$\text{Log } Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{ Log } X_{1i} + \beta_2 \text{ Log } X_{2i} + \beta_3 \text{ Log } X_{3i} + \beta_4 \text{ Log } X_{4i} + \beta_5 D + e_i \dots \dots \dots \quad (1)$$

Keterangan:

Y_i = Produksi wortel (Kg)

X_{1i} = Luas Lahan (m²)

X_{2i} = Benih (Takaran 200 gram)

X_{3i} = Tenaga kerja (HOK)

X_{4i} = Pupuk (Kg)

D_i = Dummy penerapan IoT (1 = menerapkan IoT; 0 = Tidak menerapkan IoT)

β_0 = Intersep

β_j = Parameter variabel bebas

e_i = Residual

$i = 1, 2, \dots, n; n= 40$

Nilai estimasi parameter yang diharapkan adalah: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 > 0$

HASIL DAN PEMBAHASAN

KARAKTERISTIK RESPONDEN

Sebagian besar responden petani wortel di Goble, Bali menyelesaikan pendidikan menengah pertama (SMP) (37,5%) dan menengah atas (SMA) (37,5%). Selain pendidikan formal, petani responden (77,5%) memperoleh akses pelatihan terutama dari penyuluh terkait dengan kegiatan budidaya dan manajemen kelompok tani. Secara sosial ekonomi, sebagian petani responden berstatus kawin dengan tanggungan 2-3 orang per kepala keluarga. Artinya sebagian besar petani telah menikah dengan satu atau dua anak. Sehingga, tidak ada kesulitan petani untuk memperoleh tenaga kerja terutama dari dalam keluarga.

Petani responden telah cukup lama berusahatani hortikultura, namun sebagian besar petani relatif baru mengusahakan wortel. Hasil wawancara menunjukkan sebagian besar petani responden (57,5%) baru bertani <5 tahun dalam usahatani wortel, sedangkan sisanya yakni 22,5% dan 15% telah berpengalaman dalam usahatani wortel berturut-turut selama 5-10 tahun dan 10-15 tahun. Dari sisi status kepemilikan lahan, proporsi petani responden cukup seimbang. Terdapat sekitar 47,5% petani responden memiliki lahan usaha sendiri dan sisanya 52,50% merupakan petani penggarap. Mayoritas luas lahan yang diolah sebanyak <0,5 ha (62,50% petani). Petani responden menggunakan modal sendiri untuk berusahatani (85%). Hal tersebut menyebabkan munculnya pertanyaan tentang akses pembiayaan bagi petani untuk memperluas usaha dan mengadopsi teknologi baru. Sementara itu, dari sisi pemilikan teknologi, sebagian besar petani telah memiliki *smartphone* (97,5%) dan telah tergabung dalam kelompok tani (82,50%) bahkan menjadi pengurus aktif kelompok tani (17,50%).

Tabel 1. Karakteristik Responden

| Variabel | Jumlah (orang) | Percentase (%) |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Pendidikan | | |
| Tidak sekolah | 1 | 2,50 |
| SD | 5 | 12,50 |
| SMP | 15 | 37,50 |
| SMA | 15 | 37,50 |
| Sarjana | 3 | 7,50 |
| Pascasarjana | 1 | 2,50 |
| Status Perkawinan | | |
| Tidak kawin | 4 | 10,00 |
| Kawin | 36 | 90,00 |
| Jumlah Tanggungan | | |
| <2 | 8 | 20,00 |
| 2-3 | 23 | 57,50 |
| >3 | 9 | 22,50 |
| Pemilikan smartphone | | |
| Tidak memiliki | 1 | 2,50 |
| Memiliki | 39 | 97,50 |
| Status kepemilikan lahan | | |
| Penggarap/ sewa | 21 | 52,50 |
| Pemilik | 19 | 47,50 |
| Luas lahan garapan | | |
| <5000 | 25 | 62,50 |
| 5000-9999 | 9 | 22,50 |
| 10000-14999 | 1 | 2,50 |
| 15000-20000 | 3 | 7,50 |
| >20000 | 2 | 5,00 |
| Lama berusahatani wortel | | |
| <5 | 23 | 57,50 |
| 5-10 | 9 | 22,50 |
| 10-15 | 6 | 15,00 |
| >20 | 2 | 5,00 |
| Sumber permodalan | | |
| Pinjaman | 6 | 15,00 |
| Modal sendiri | 34 | 85,00 |
| Akses pelatihan | | |
| Tidak pernah pelatihan | 9 | 22,50 |
| Pernah pelatihan | 31 | 77,50 |
| Peran dalam kelompok tani | | |
| Anggota | 33 | 82,50 |
| Pengurus | 7 | 17,50 |

PERBANDINGAN PENDAPATAN PETANI IOT DAN KONVENSIONAL

Teknologi IoT yang digunakan oleh petani wortel di Kabupaten Buleleng memudahkan petani dalam penyiraman dan pengaplikasian pupuk dan pestisida. Secara umum, biaya investasi yang dikeluarkan petani yang mengadopsi IoT dalam kegiatan usahatani lebih tinggi dibandingkan dengan petani konvensional. Petani IoT harus mengeluarkan biaya instalasi seperti biaya operator irigasi berbasis IoT sebesar Rp 5.000.000, biaya instalasi *sprinkler* sebesar Rp 1.940.000 dan biaya drip-

tip sebesar Rp 3.621.333. Hal tersebut berimplikasi pada tingginya biaya penyusutan alat untuk petani IoT dibandingkan dengan petani konvensional, berturut-turut yakni Rp 2.158.438 dan Rp 1.628.511. Adanya investasi membangun sistem irigasi otomatis dengan berbasis IoT tersebut, meskipun memerlukan biaya investasi tinggi bagi petani, namun memberikan kemudahan-kemudahan dalam proses budidaya. Sehingga, petani dapat mengurangi biaya tenaga kerja keluarga dan tenaga kerja luar keluarga secara signifikan, karena beberapa fungsi seperti penyiraman dan pengaplikasian pupuk dilakukan secara otomatis dengan aplikasi *blink* yang dibangun berbasis IoT tersebut. Petani IoT mengeluarkan biaya tenaga kerja luar keluarga sebesar Rp 5.942.063 dan biaya non tunai untuk tenaga kerja keluarga sebesar Rp 8.355.159. Adapun petani konvensional mengeluarkan biaya tunai untuk tenaga kerja luar keluarga sebesar Rp 12.903.764 dan biaya non tunai untuk tenaga kerja keluarga sebesar Rp 9.305.556.

Penghematan pada biaya tenaga kerja sangat bermanfaat untuk petani karena tenaga kerja merupakan komponen terbesar dari biaya usahatani hortikultura (Tampubolon et al., 2024). Pada petani konvensional, biaya untuk tenaga kerja adalah 76 persen dari biaya total produksi wortel. Dengan menggunakan IoT petani berhasil menghemat 36 persen biaya tenaga kerja total. Hasil tersebut sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu, seperti Putri dan Fitri (2024) menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis dalam produksi garam dapat mengurangi biaya tenaga kerja hingga 60%, yang menunjukkan dampak signifikan dari teknologi dalam mengurangi pengeluaran. Padriya & Patel (2023) juga menunjukkan bahwa otomatisasi yang didorong oleh IoT dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia. Lebih lanjut, penelitian oleh Rehman et al. (2022) juga menekankan bahwa teknologi IoT dapat mengurangi intervensi manusia melalui otomatisasi, yang secara langsung berkontribusi pada penghematan biaya tenaga kerja. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi yang dihasilkan dari penggunaan IoT dalam

Tabel 2. Perbandingan Biaya Usahatani Petani Wortel yang Mengadopsi IoT dan Petani Konvensional per 5000 m² per Musim Tanam

| No | Komponen Biaya | Satuan | IoT | | | Konvensional | | |
|----|------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|-------------------|
| | | | Jumlah | Harga (Rp/unit) | Nilai (Rp/MT) | Jumlah | Harga (Rp/unit) | Nilai (Rp/MT) |
| A | Biaya Tunai | | | | 13.860.349 | | | 17.582.278 |
| 1 | Benih wortel | Takaran 200 gr | 35,79 | 51.000 | 1.825.071 | 34,61 | 67.143 | 2.323.640 |
| 2 | Kapur Pertanian | kg | 556,67 | 840 | 467.600 | 108,80 | 644 | 70.113 |
| 3 | Pupuk Kandang | kg | 3.525,40 | 663 | 2.335.575 | 918,52 | 524 | 480.871 |
| 4 | Pupuk Organik | liter | 6,88 | 75.208 | 517.057 | 16,17 | 53.333 | 862.222 |
| 5 | Pupuk NPK | kg | 87,50 | 9.500 | 831.250 | 25,00 | 15.000 | 375.000 |
| 6 | Pupuk Urea | kg | 294,44 | 4.133 | 1.217.037 | 133,33 | 4.133 | 551.111 |
| 7 | Pestisida | liter | 7,98 | 90.857 | 724.694 | 0,22 | 70.000 | 15.556 |
| 8 | Tenaga kerja Luar Keluarga (TKLK) | HOK | 59,42 | 100.000 | 5.942.063 | 129,04 | 100.000 | 12.903.764 |
| B | Biaya Non Tunai | | | | 10.959.893 | | | 11.380.363 |
| 1 | Tenaga Kerja Dalam Keluarga (TKDK) | HOK | 83,55 | 100.000 | 8.355.159 | 93,06 | 100.000 | 9.305.556 |
| 2 | Sewa Lahan | ha | 0,50 | 892.593 | 446.297 | 0,50 | 892.593 | 446.297 |
| 3 | Biaya Penyusutan Peralatan | Rp | | | 2.158.438 | | | 1.628.511 |

pertanian sangat penting untuk mengurangi biaya operasional. Hal tersebut menunjukkan bahwa teknologi IoT tidak hanya mengubah cara pertanian dilakukan tetapi juga mengurangi beban biaya yang terkait dengan tenaga kerja. Dalam konteks irigasi, penelitian oleh Dong et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT dapat menghemat hingga 30% penggunaan air, yang juga berkontribusi pada pengurangan biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk pengelolaan irigasi manual. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya tetapi juga mengurangi kebutuhan untuk tenaga kerja yang terlibat dalam proses irigasi.

Penghematan biaya tenaga kerja tersebut dapat digunakan petani untuk alokasi pembelian input lainnya seperti pupuk dan obat-obatan yang juga sangat penting untuk peningkatan produktivitas. Hal tersebut terlihat dari pengeluaran pupuk baik pupuk kandang, pupuk urea dan NPK yang lebih tinggi pada petani IoT dibandingkan dengan petani konvensional. Secara lebih detail perbandingan pendapatan petani IoT dan konvensional dapat dilihat pada Tabel 2.

Pembelian input pupuk dan obat-obatan yang lebih tinggi berimplikasi pada produksi dan penerimaan petani yang lebih tinggi. Petani IoT menghasilkan produksi wortel se-

banyak 5.585 kg per 5000 m² per musim tanam, sedangkan petani konvensional menghasilkan 5.432 kg per ha per musim tanam. Penerimaan petani IoT adalah Rp 33.507.000 per 5000 m² per musim tanam dan penerimaan petani konvensional sebesar Rp 32.748.750 (Tabel 3).

Tabel 3. Perbandingan Produksi dan Penerimaan Petani Wortel IoT dan Konvensional per 5000 m² per Musim Tanam

| | Petani IoT | Petani Konvensional |
|--------------------|------------|---------------------|
| Produksi (Kg) | 5.585 | 5.432 |
| Harga Jual (Rp/kg) | 6.000 | 6.029 |
| Penerimaan (Rp) | 33.507.000 | 32.748.750 |

Sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya, misalnya Ap & Devadiga (2023) dan Abrar & Tukino (2023) yang menunjukkan sistem irigasi pintar berbasis IoT memungkinkan petani untuk memantau dan mengontrol proses irigasi secara jarak jauh, yang berkontribusi pada efisiensi penggunaan air dan peningkatan produktivitas pertanian). Dengan menggunakan sensor untuk mengukur kelembaban tanah dan kondisi cuaca, sistem ini dapat mencegah penggunaan air yang berlebihan dan mengoptimalkan kebutuhan irigasi sesuai dengan kondisi tanaman (Raxbaroy,

2024; Gupta, 2023). Selain efisiensi air, adopsi teknologi ini juga meningkatkan penerimaan petani terhadap praktik pertanian modern. Dalam studi yang dilakukan oleh Lamasigi et al., ditemukan bahwa penerapan teknologi irigasi berbasis IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga meningkatkan hasil panen (Lamasigi et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa petani yang menggunakan sistem irigasi pintar cenderung lebih puas dan menerima teknologi baru, karena mereka merasakan manfaat langsung dalam hal produktivitas dan penghematan biaya (Suprehatin, 2021).

Hasil analisis pendapatan secara keseluruhan menunjukkan bahwa petani yang mengadopsi IoT mendapatkan keuntungan atau pendapatan yang lebih tinggi (Tabel 4). Petani IoT memperoleh pendapatan atas biaya total sebesar Rp 8.686.758 dan petani konvensional memperoleh pendapatan atas biaya total sebesar Rp 3.786.109. Dengan R/C rasio usahatani wortel petani yang mengadopsi IoT sebesar 1,35 dan petani konvensional sebesar 1,13. Artinya bahwa setiap 1 rupiah biaya yang dikeluarkan petani wortel yang mengadopsi IoT memperoleh penerimaan Rp 1,35 sedangkan 1 rupiah biaya yang dikeluarkan petani wortel konvensional menghasilkan Rp 1,13. Perbandingan analisis pendapatan secara lebih detail dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada konteks penelitian ini, relatif tingginya profitabilitas petani IoT disebabkan oleh rendahnya penggunaan tenaga kerja karena otomatisasi irigasi berbasis IoT dan produktivitas yang lebih tinggi. Tingginya produktivitas tidak semata-mata melekat pada peng-

gunaan irigasi berbasis IoT namun karena penggunaan input produksi yakni pupuk dan pestisida yang lebih banyak oleh petani IoT dibandingkan petani non-IoT. Penggunaan pupuk dan pestisida yang lebih banyak ini merupakan implikasi tidak langsung dari adopsi IoT karena penghematan biaya tenaga kerja yang dialokasikan untuk input lain dalam usahatani.

FAKTOR PENENTU PRODUKSI PETANI WORTEL

Hasil analisis regresi pada model produksi diperoleh bahwa variabel adopsi teknologi IoT berpengaruh positif dan signifikan pada taraf nyata 10 persen terhadap produksi wortel. Petani yang mengadopsi teknologi IoT menghasilkan produksi wortel 1,72 persen lebih tinggi dibandingkan dengan petani non-IoT. Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya diantaranya yaitu, Al-Jufri et al. (2023), yang merancang sistem otomatisasi pertanian menggunakan sensor kelembaban tanah dan lampu LED untuk memantau kondisi tanaman. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal, yang berpotensi meningkatkan hasil panen. Selain itu, penelitian oleh Harsanto (2020) menggarisbawahi bahwa inovasi berbasis IoT dalam pertanian telah menjadi bagian integral dari proses produksi. Dengan memanfaatkan IoT, petani dapat melakukan pemantauan dan pengendalian otomatis terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman,

Tabel 4. Analisis Pendapatan Usahatani Wortel Petani yang Mengadopsi IoT dan Konvensional per 5000m² per ha

| Uraian | Petani IoT (Rp) | Petani Konvensional (Rp) |
|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| Total Penerimaan (TR) | 33.507.000 | 32.748.750 |
| Biaya Tunai | 13.860.349 | 17.582.278 |
| Biaya Non Tunai | 10.959.893 | 11.380.363 |
| Biaya Total | 24.820.242 | 28.962.641 |
| Pendapatan atas Biaya Tunai | 19.646.651 | 15.166.472 |
| Pendapatan atas Biaya Total | 8.686.758 | 3.786.109 |
| R/C atas biaya Tunai | 2,42 | 1,86 |
| R/C atas biaya Total | 1,35 | 1,13 |

seperti suhu dan kelembaban, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas pertanian. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi IoT dalam pertanian tidak hanya meningkatkan hasil, tetapi juga membantu petani dalam mengelola sumber daya secara lebih efisien. Lebih jauh lagi, penelitian oleh Sandi dan Fatma (2023) menekankan bahwa penerapan IoT dalam pertanian dapat memberikan dampak besar terhadap perekonomian, terutama dalam meningkatkan hasil dan kualitas produk pertanian. Mereka mencatat bahwa teknologi ini memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan *real-time*, yang sangat penting untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam proses produksi. Dengan demikian, adopsi IoT dapat membantu petani untuk lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan dan permintaan pasar. Di sisi lain, penelitian oleh Ramadani (2023) menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam pengumpulan dan analisis data pertanian dapat membantu petani dalam mengoptimalkan produksi dan meningkatkan efisiensi. Dengan memanfaatkan data yang akurat, petani dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait dengan praktik pertanian mereka, yang pada akhirnya berdampak positif pada hasil produksi.

Hasil analisis lebih detail dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Produksi Usahatani Wortel IoT dan Non IoT

| | Coefficients | t Stat | P-value |
|--------------|--------------|----------|------------|
| Intercept | 1,975676 | 1,27792 | 0,210194 |
| Luas Lahan | 0,40681 | 3,288105 | 0,002401** |
| Adopsi IoT | 1,723824 | 1,83649 | 0,075308* |
| Benih | -0,35705 | -3,28262 | 0,002436** |
| Tenaga kerja | 0,236456 | 1,483944 | 0,147313 |
| Pupuk | -0,00885 | -0,10166 | 0,919642 |

R Square
=0,58 F test P-value = 0,000

** =signifikan pada α 1% *=signifikan pada α 10%

Adapun faktor yang mempengaruhi produksi wortel di Kabupaten Buleleng yakni luas lahan, dimana peningkatan 1 persen lahan akan meningkatkan produksi sebesar 0,40 persen. Benih juga signifikan mempengaruhi produksi hanya saja penggunaan yang

berlebihan pada kasus penelitian ini menghasilkan hubungan yang negatif antara benih dan produksi. Perlu pengurangan penggunaan benih agar produksi yang dihasilkan lebih tinggi. Penggunaan benih wortel direkomendasikan sebanyak 3-5 kg per ha atau sekitar 300-500 gr per 1000 m² (PMAL, 2022), sementara rata-rata penggunaan benih di lokasi penelitian sebanyak 1430 gr per 1000 m².

Sementara itu, penggunaan tenaga kerja tidak signifikan mempengaruhi produksi wortel di Kabupaten Buleleng, Bali. Sejalan dengan penelitian terdahulu yang juga menunjukkan pengaruh tenaga kerja yang tidak signifikan terhadap produksi komoditas pertanian (Arifin dan Millaty, 2024; Firly, 2024; Putri et al., 2022). Dalam beberapa kasus, peningkatan jumlah tenaga kerja tidak diimbangi dengan peningkatan output produksi, dapat disebabkan oleh efisiensi yang rendah dalam penggunaan tenaga kerja itu sendiri (Diarty et al., 2023).

Penggunaan pupuk juga tidak signifikan meningkatkan produksi wortel di Kabupaten Buleleng, Bali. Jumlah rata-rata penggunaan pupuk (kohe) di Buleleng sekitar 534 kg per m^2 . Jumlah tersebut belum melebihi rekomendasi budidaya wortel sesuai GAP yakni sekitar 15-20 ton per ha atau sekitar 1500 kg per 1000 m^2 . Observasi di lapangan menunjukkan bahwa petani menggunakan pupuk organik tanpa disertai dengan manajemen pengolahan tanah yang baik. Penelitian oleh Amrullah (2023) menunjukkan bahwa meskipun penggunaan pupuk organik memiliki potensi jangka panjang, untuk hasil langsung dalam jangka pendek, banyak petani masih mengutamakan pupuk sintetis karena memberikan hasil yang lebih cepat. Penelitian ini mengindikasikan bahwa dalam praktiknya, pupuk organik mungkin tidak cukup memberikan dorongan yang signifikan terhadap hasil pertanian dalam kondisi tertentu dan tanpa dukungan manajemen tanah yang baik. Studi oleh Wijayanto *et al.* (2019) juga mencatat bahwa hasil penggunaan pupuk organik di lapangan sering kali tidak sejalan dengan harapan, terutama ketika petani tidak mengelola pupuk dengan benar.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam usahatani wortel di Desa Goble, Kabupaten Buleleng, Bali, memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pendapatan dan produksi. Petani yang mengadopsi teknologi IoT memperoleh pendapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan petani konvensional, dengan nilai R/C ratio yang lebih menguntungkan, yaitu 1,35 dibandingkan 1,13. Penggunaan IoT berpengaruh positif terhadap produksi bersama dengan input lahan. Sedangkan penggunaan benih yang berlebihan tanpa diimbangi dengan peningkatan luas lahan akan menurunkan produksi wortel di Kabupaten Buleleng, Bali. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya investasi dalam teknologi pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, yang pada gilirannya dapat membantu mitigasi perubahan iklim dan memastikan ketahanan pangan. Oleh karena itu, disarankan agar kebijakan pemerintah difokuskan pada promosi dan dukungan terhadap adopsi teknologi IoT di kalangan petani untuk meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi sesuai dengan Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian Tahun 2024 Nomor: 027/E5/PG.02.00.PL/2024 tanggal 11 Juni 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, A. and Tukino, T. (2023). Pengembangan sistem pengontrolan irigasi cerdas dengan teknologi internet of things (iot). SNISTEK, 5, 286-293. <https://doi.org/10.33884/psnistek.v5i.8096>
- Ap, S. and Devadiga, S. (2023). IoT-based smart irrigation management system: design

and implementation for efficient water use in agriculture. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/irjmets401312>

Al-Jufri, H., Novianti, O., Muhammad, G., Adytya, R., & Pramudhita, A. (2023). Otomatisasi pertanian dengan sensor soil moisture, sensor cahaya, led grow lamps, dan pompa air untuk pertumbuhan tanaman optimal. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3192>

Arifin, A. S. and Millaty, M. (2024). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kopi robusta (coffea canephora) di kecamatan kandangan kabupaten temanggung. *Mimbar Agribisnis : Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(2), 2501. <https://doi.org/10.25157/ma.v10i2.14223>

Asir, T., R. G., & Manohar, H. L. (2023). Variations on Internet of Things adoption factors between India and the USA. *South African Journal of Business Management*, 54(1), 3810.

Diarty, M., Haryanto, J. '., Izzuddin, K. H., Manganti, M. D., Rahman, M. R., & Budiasih, B. (2023). Total factor productivity growth (tfpg) dan determinan produksi tebu indonesia. Seminar Nasional Official Statistics, 2023(1), 643-652. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1747>

Dong, Y., Werling, B. P., Cao, Z., & Li, G. (2024). Implementation of an in-field iot system for precision irrigation management. *Frontiers in Water*, 6. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1353597>

Firly, F. R. R. (2024). Pengaruh modal, luas lahan, pupuk, dan tenaga kerja terhadap produksi kopi robusta bsip-tri. *Jurnal Agribisnis Dan Pembangunan Pertanian (JAPP)*, 2(1), 48-56. <https://doi.org/10.37150/japp.v2i1.2536>

- Gupta, P. (2023). Smart irrigation systems using (iot) - a survey. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 07(08). <https://doi.org/10.55041/ijserem24900>
- Harsanto, B. (2020). Inovasi internet of things pada sektor pertanian: pendekatan analisis scientometrics. *Informatika Pertanian*, 29(2), 111. <https://doi.org/10.21082/ip.v29n2.2020.p111-122>
- Irvandika, F., Suciati L. P. (2024). Tingkat Penerapan Materi dan Partisipasi Petani pada Sekolah Lapang *Climate Smart Agriculture* di Kabupaten Jember. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 12(2): 231-245. <https://doi.org/10.29244/jai.2024.12.2.231-245>
- Jayaraman, P. P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors*, 16(11), 1884.
- Köksal, Ö. and Tekinerdoğan, B. (2018). Architecture design approach for iot-based farm management information systems. *Precision Agriculture*, 20(5), 926-958. <https://doi.org/10.1007/s11119-018-09624-8>
- Lamasigi, Z., Haba, A., Jafar, M., Syamsir, S., & Hulukati, S. (2024). Automated drip irrigation system based on iot for chili plants using solar panel energy. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 183-191. <https://doi.org/10.32815/jpm.v5i1.2006>
- Padriya, N. and Patel, N. (2023). Predicting yield of crop type and water requirement for a given plot of land using machine learning techniques. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, 12(3), 503. <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i3.pp503-508>
- Pillai, R. and Sivathanu, B. (2020). Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the brt framework. *Benchmarking: An International Journal*, 27(4), 1341-1368. <https://doi.org/10.1108/bij-08-2019-0361>
- [P2MAL] Pusat Peningkatan Mutu dan Aktivitas Laboratorium Universitas Medan Area. 2022. Panduan Teknis Budidaya Wortel. <https://p2mal.uma.ac.id/2022/04/23/panduan-teknis-budidaya-wortel/>
- Putri, A. D. and Fitri, F. (2024). Sistem pengendalian aliran air laut pada alat pembuat garam menggunakan kontrol pid. *Jurnal Rekayasa Energi*, 3(1), 24-32. <https://doi.org/10.31884/jre.v3i1.52>
- Putri, S. A., Maesyaroh, W. U., Tanjung, I. R., Apriliana, R., & Wijayanto, B. (2022). Analisis fungsi produksi cobb douglas: usaha pakan ternak rumput ternak studi kasus di kabupaten semarang. *Jurnal Dinamika Ekonomi Rakyat*, 1(2), 1-21. <https://doi.org/10.24246/dekat.v1i2.10122>
- Rallabandi, G., Pavani, S., Gulhare, K. K., & Mishra, P. K. (2022). Smart Advanced Agriculture System in India Using IoT Technology. *International Journal of Health Sciences*, 6(S2): 10120-10126. [10.53730/ijhs.v6nS2.7645](https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS2.7645)
- Ramadani, R. (2023). Potensi internet of things (iot) sebagai sumber official statistics bidang pertanian. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023(1), 161-166. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1900>
- Raxbaroy, Y. (2024). Optimizing irrigation and soil moisture management in Uzbekistan's agricultural sector through modern technologies. *American Journal of Applied Science and Technology*, 4(10), 26-28. <https://doi.org/10.37547/ajast/volume04issue10-04>
- Rehman, A., Saba, T., Kashif, M., Fati, S. M., Bahaj, S. A., & Chaudhry, H. (2022). A revisit of internet of things technologies for monitoring and control strategies in smart agriculture. *Agronomy*, 12(1), 127. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010127>

Sandi, G. and Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan teknologi internet of things (iot) pada bidang pertanian. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 1-5. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.5892>

Suprehatin, S. (2021). Determinants of agricultural technology adoption by smallholder farmers in developing countries: perspective and prospect for indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 40(1), 21. <https://doi.org/10.21082/jp3.v40n1.2021.p21-30>

Wijayanto, H., Riyanto, D., Triyono, B., & Estu, H. P. W. (2019). Pemberdayaan Kelompok Tani Desa Jatimalang, Kabupaten Pacitan melalui Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik. *Agrokreatif*, 5(2): 109- 114. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.5.2.109-114>

World Bank. (2024). Climate Smart Agriculture. diakses pada [https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture#:~:text=Climate%2Dsmart%20agriculture%20\(CSA\),development%20challenges%20of%20our%20time](https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture#:~:text=Climate%2Dsmart%20agriculture%20(CSA),development%20challenges%20of%20our%20time)