

PENGUKURAN EFISIENSI TEKNIS PENGGUNAAN DRONE PADA USAHATANI PADI SAWAH MELALUI PENDEKATAN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Measuring the Technical Efficiency of Drone Utilization in Rice Farming through Data Envelopment Analysis (DEA)

Maysya Adetia¹⁾, Teguh Soedarto¹⁾, Noor Rizkiyah¹⁾

¹⁾Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional
“Veteran” Jawa Timur

Email : teguh_soedarto@upnjatim.ac.id

Diterima: 30 Agustus 2025, Revisi : 4 Desember 2025, Diterbitkan: Desember 2025

<https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v32i3.2696>

ABSTRACT

Drone-based agricultural technology is a strategic innovation for improving productivity and efficiency in rice farming, particularly on large-scale agricultural land. The use of drones enables more precise and uniform application of production inputs, including labor, fertilizers, and pesticides. This study aims to analyze the impact of drone adoption on rice farming productivity and technical efficiency, as well as to compare efficiency levels between drone users and non-users in Tambakrejo Village, Dudusampeyan District, Gresik Regency. The research site was selected purposively. Respondents consisted of 16 drone-using farmers who were partners of a drone service provider (census sampling) and 18 non-drone farmers selected through proportionate stratified random sampling. Data were analyzed using descriptive analysis, technical efficiency measurement with Data Envelopment Analysis (DEA), and mean comparison using an independent t-test. The results show that all drone-using farmers achieved a pure technical efficiency (VRSTE) score of 1.00, indicating optimal input utilization regardless of farm size. In contrast, only 39% of non-drone farmers were technically efficient, while 61% remained inefficient. Statistical testing revealed a highly significant difference in average rice production between drone users and non-users. These findings provide strong empirical evidence that drone technology adoption significantly enhances rice production at the farm level.

Keywords : DEA, Lowland Rice, Productivity, and Technical Efficiency.

ABSTRAK

Teknologi pertanian berbasis drone merupakan inovasi strategis dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi usahatani padi, khususnya pada lahan berskala

luas. Pemanfaatan drone memungkinkan pengaturan dosis input produksi seperti tenaga kerja, pupuk, dan pestisida secara lebih tepat dan merata. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan teknologi drone terhadap produktivitas dan efisiensi teknis usahatani padi, serta membandingkan tingkat efisiensi antara petani pengguna drone dan non-drone di Desa Tambakrejo, Kecamatan Dudusampeyan, Kabupaten Gresik. Lokasi penelitian ditentukan secara purposive, dengan responden terdiri atas 16 petani pengguna drone yang merupakan mitra perusahaan jasa sewa (sampling jenuh) dan 18 petani non-drone yang dipilih menggunakan *proportionate stratified random sampling*. Analisis data meliputi analisis deskriptif, pengukuran efisiensi teknis menggunakan pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA), serta pengujian perbedaan rata-rata menggunakan independent t-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh petani pengguna drone mencapai nilai efisiensi teknis murni (VRSTE) sebesar 1,00, yang mengindikasikan pemanfaatan input yang optimal tanpa dipengaruhi skala lahan. Sebaliknya, pada kelompok petani non-drone, hanya 39% yang efisien secara teknis, sementara 61% lainnya belum mencapai efisiensi. Uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan antara rata-rata produksi petani pengguna dan non-pengguna drone. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan teknologi drone berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi padi di tingkat usahatani.

Kata Kunci : DEA, Efisiensi Teknis, Padi Sawah, dan Produktivitas.

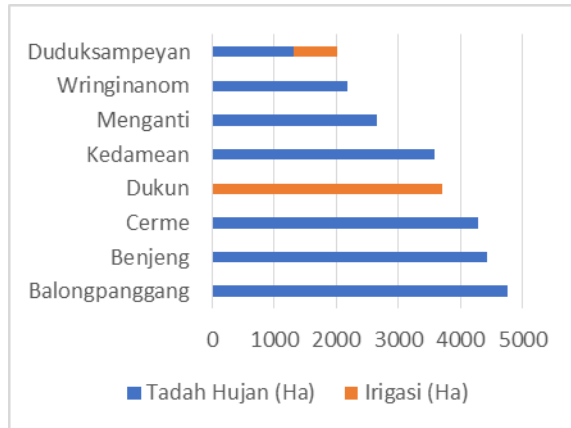
PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia, kebutuhan akan pangan pokok terus mengalami peningkatan. Salah satu komoditas tanaman pangan yang menjadi perhatian adalah padi. Untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat ini, produktivitas padi juga harus ditingkatkan. Namun faktor teknis dan faktor non teknis masih menjadi faktor penentu bagi petani padi dalam penggunaan tenaga kerja efektif, pupuk dan pestisida sehingga menentukan tingkat produktivitas dan hasil produksi usahatani padi (Ariyanti *et al.*, 2024). Teknologi pertanian modern merupakan salah satu terobosan penting dalam upaya peningkatan produktivitas. Proses yang sebelumnya membutuhkan waktu berhari-hari dengan alat tradisional, kini dapat diselesaikan dalam hitungan jam berkat alat dan mesin otomatis. Selain itu, penggunaan teknologi modern juga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia. Transformasi ini mencerminkan bagaimana teknologi modern dan Industri 4.0 mengubah cara bertani dari metode konvensional menjadi sistem yang lebih berbasis data dan otomatisasi (Tasya & Silvia, 2024).

Penggunaan teknologi dalam pemeliharaan tanaman padi dengan menggunakan drone menjadi pilihan alternatif disamping luasnya lahan pertanian (R. R. Rachmawati, 2021). Drone pertanian merupakan inovasi teknologi yang digunakan untuk mengaplikasikan pupuk cair, pestisida, dan irigasi secara lebih efisien, guna mencegah penyalahgunaan dosis. Penggunaan alat dan sistem pertanian modern dapat membantu petani bekerja lebih efektif dan menghemat waktu serta tenaga. Selain itu, teknologi drone yang digunakan secara efisien juga dapat meningkatkan produktivitas pertanian (Wijaksono *et al.*, 2024).

Luas lahan menjadi salah satu faktor penentu utama dalam menentukan potensi produksi di samping faktor lain seperti kualitas tanah dan irigasi (Kaleka *et al.*, 2020). Semakin luas lahan yang dimiliki, semakin besar pula kebutuhan akan teknologi yang mampu mempercepat dan mempermudah proses perawatan tanaman. Pada lahan yang luas, penggunaan metode manual akan memerlukan tenaga kerja lebih banyak, waktu pengerjaan yang lebih lama, dan biaya operasional yang lebih tinggi (Mandang *et al.*, 2020). Selain itu, pemanfaatan drone pada lahan luas dapat mengoptimalkan penggunaan input

pertanian seperti tenaga kerja, pupuk dan pestisida melalui pengaturan dosis yang tepat dan merata, sehingga mengurangi pemborosan sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan (Swasono *et al.*, 2023).

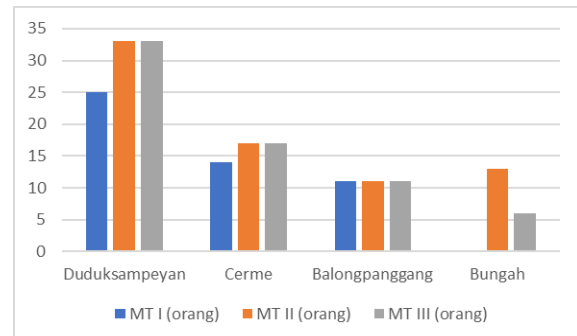


Gambar 1. Luas Penggunaan Lahan Sawah Menurut Kecamatan

Kecamatan Duduk sampeyan merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Gresik yang memiliki potensi pertanian cukup besar karena didukung oleh lahan pertanian yang luas. Namun, potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar petani masih menggunakan cara tradisional dan mengandalkan tenaga kerja manual dalam aktivitas pemeliharaan tanaman padi sawah. Ketergantungan pada metode konvensional ini menyebabkan proses usahatani berlangsung lebih lama, membutuhkan tenaga besar, dan kurang efisien sehingga hasil produksi belum mencapai tingkat maksimal (Destri, 2024). Kondisi ini menjadi salah satu permasalahan utama yang menghambat peningkatan produktivitas pertanian di wilayah tersebut.

Meskipun demikian, Kecamatan Duduk sampeyan mulai menunjukkan perkembangan positif dalam penerapan teknologi pertanian modern. Masuknya layanan penyewaan drone oleh PT. Petrosida Gresik memicu perubahan pola kerja petani, khususnya dalam proses penyemprotan pestisida dan pupuk. Kehadiran teknologi drone memberikan solusi terhadap keterbatasan tenaga manual dengan menawarkan proses penyemprotan yang lebih cepat, efisien, dan merata. Hal

ini menunjukkan bahwa wilayah ini telah mulai melek teknologi dan terbuka terhadap inovasi yang dapat mendukung efektivitas kerja petani.



Gambar 2. Data Sewa Drone 2025

Tingginya angka penyewaan drone, terutama di Desa Tambakrejo, semakin memperlihatkan penerimaan teknologi pertanian yang cukup baik. Tercatat sebanyak 16 petani di desa tersebut telah memanfaatkan jasa penyemprotan drone untuk tanaman padi mereka. Minat yang meningkat ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti efisiensi waktu, penghematan biaya tenaga kerja, kualitas penyemprotan yang lebih merata, serta karakteristik individu petani seperti umur, pendidikan, pengalaman bertani, dan luas lahan yang diolah. Fenomena ini menunjukkan bahwa teknologi modern semakin diminati sebagai solusi atas berbagai kendala dalam proses budidaya padi.

Berdasarkan kondisi tersebut, pemanfaatan teknologi drone sebagai alat bantu penyemprotan berbasis teknologi modern menjadi penting untuk diteliti lebih jauh. Melalui penelitian berjudul “*Analisis Efisiensi Teknis Penggunaan Teknologi Drone pada Usahatani Padi Sawah di Desa Tambakrejo Kecamatan Duduksampeyan Kabupaten Gresik*”, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai tingkat efisiensi penggunaan drone pada kegiatan usahatani padi. Penelitian ini juga diharapkan menjadi rujukan bagi petani, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya untuk mendorong perluasan inovasi teknologi pertanian modern. Dengan demikian, optimalisasi lahan pertanian yang luas di wilayah ini dapat tercapai melalui

penerapan teknologi yang lebih efisien dan adaptif terhadap kebutuhan petani masa kini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Gresik tepatnya di Kecamatan Duduk sampeyan Desa Tambakrejo pada Mei hingga Juni 2025. Lokasi penelitian ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu metode pemilihan lokasi secara sengaja sebagai lokasi yang representatif karena memiliki potensi besar untuk pengembangan teknologi pertanian, terutama dengan penggunaan drone dengan mempertimbangkan tingginya angka penyewa drone di wilayah tersebut. Penentuan petani responden menggunakan metode *Saturation Sampling* atau sampling jenuh yang mana seluruh petani pengguna drone dipilih sebagai responden yaitu sebanyak 16 petani. Sedangkan petani non pengguna drone ditentukan menggunakan metode *proportionate stratified random sampling* dan mendapatkan sebanyak 18 petani yang akan digunakan sebagai responden.

Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara terstruktur, dan penyebaran kuesioner kepada petani. Sementara pengambilan data sekunder dilakukan di Balai Penyuluh Pertanian Kecamatan Duduk sampeyan dan di PT. Petrosida Gresik sebagai perusahaan ritel persewaan drone.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan metode analisis efisiensi teknis pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA) dengan software DEAP 2.1. Pengukuran efisiensi dalam DEA dilakukan dengan membandingkan rasio *output* terhadap *input*, di mana masing-masing variabel input dan output dapat memiliki bobot yang berbeda. Berikut model DEA yang digunakan dalam penelitian ini (Indriani & Imran, 2025):

a. Model CRS

Metode analisis efisiensi yang mengasumsikan adanya *constant return to scale*, yaitu peningkatan input dalam proporsi tertentu akan menghasilkan peningkatan output dalam proporsi yang sama. Model ini

menilai efisiensi teknis total, yang mencakup efisiensi teknis murni dan efisiensi skala, sehingga cocok digunakan ketika seluruh unit pengambilan keputusan (DMU) dianggap beroperasi pada skala usaha yang optimal (Muthahari *et al.*, 2020). Adapun bentuk umum dari model CCR adalah sebagai berikut:

Max θ (Efisiensi DMU model CRS), subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{ij} \geq \theta i_o$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n x_{rj} \lambda_{j} \leq y_{r o}$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{j} \geq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Dimana:

θ = efisiensi DMU model CCR

n = jumlah DMU

m = jumlah input

s = jumlah output

x_{ij} = jumlah input ke-I DMU j

y_{rj} = jumlah output ke-r DMU j

λ_j = bobot DMU j untuk DMU yang dihitung.

b. Model VRS

Metode analisis efisiensi yang menggunakan asumsi *variable return to scale*, yaitu hubungan antara input dan output tidak selalu proporsional. Model ini hanya mengukur efisiensi teknis murni tanpa dipengaruhi oleh skala usaha, sehingga cocok digunakan ketika unit-unit yang dianalisis beroperasi pada skala berbeda baik skala kecil, sedang, maupun besar dan tidak semuanya berada pada kondisi optimal (Putri *et al.*, 2024). Model ini dikembangkan dengan menambahkan asumsi *convexity* terhadap nilai-nilai bobot input (X), yang diwujudkan melalui penambahan batasan tertentu dalam formulasi model (Wardoni *et al.*, 2024), yaitu sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = 1$$

Max π (efisiensi DMU model BCC),
subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq \pi i o$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \leq y_{r i o}$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Dimana:

π = efisiensi DMU

n = jumlah DMU

m = jumlah input

s = jumlah output

x_{ij} = jumlah input ke-I DMU j

y_{rj} = jumlah output ke-r DMU j

λ_j = bobot DMU j untuk DMU yang dihitung

c. Skala Efisiensi

Skala efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu unit usaha beroperasi pada skala produksi yang optimal dengan membandingkan efisiensi total (CRS) dan efisiensi teknis murni (VRS) (Yulisti *et al.*, 2021). Nilai skala efisiensi mendekati 1 menandakan unit usaha sudah berada pada skala yang efisien, sedangkan nilai kurang dari 1 menunjukkan adanya inefisiensi akibat ukuran atau skala usaha yang belum optimal, baik karena beroperasi pada skala terlalu kecil (*increasing return to scale*) maupun terlalu besar (*decreasing return to scale*) (Ariyani & Cahyadin, 2020). Rumus Skala Efisiensi (*Scale Efficiency/SE*) dalam analisis DEA adalah sebagai berikut:

$$SE = \frac{CRSTE}{VRSTE}$$

Dengan keterangan:

SE = Skala Efisiensi

CRSTE = skala teknis total (menggunakan model CRS)

VRSTE = skala teknis murni (menggunakan model VRS)

Analisis selanjutnya menggunakan independent sample t-test atau uji t tidak berpasangan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok petani, yaitu petani pengguna teknologi drone dan petani non-pengguna drone. Uji ini digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok independen sehingga dapat diketahui apakah penggunaan teknologi drone benar-benar memberikan peningkatan yang berarti dibandingkan dengan metode penyemprotan manual (Oda *et al.*, 2024). Berikut merupakan rumus Uji t Dua Sampel Independen:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Dimana:

$\bar{X}_1$ = Rata-rata kelompok 1 (misal: petani pengguna drone)

$\bar{X}_2$ = Rata-rata kelompok 2 (misal: petani non-pengguna drone)

S_1^2 = Varians kelompok 1

S_2^2 = Varians kelompok 2

n_1 = Jumlah sampel kelompok 1

n_2 = Jumlah sampel kelompok 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Duduksampeyan adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Gresik yang terletak di bagian barat wilayah kabupaten. Secara geografis, kecamatan ini memiliki kondisi topografi yang relatif datar dengan lahan pertanian yang cukup luas. Letak wilayahnya yang strategis serta ketersediaan sumber daya alam, khususnya lahan sawah, menjadikan Duduk sampeyan sebagai salah satu kawasan penting dalam sektor pertanian di Kabupaten Gresik (Rahma, 2022).

Mayoritas penduduk di Kecamatan Duduk sampeyan bermata pencaharian sebagai petani, dengan komoditas utama berupa padi sawah. Dukungan jaringan irigasi yang memadai turut membantu meningkatkan produktivitas pertanian, sehingga kecamatan ini dikenal sebagai salah satu sentra produksi beras di Kabupaten

Gresik (A'isyah & Santoso, 2021). Aktivitas pertanian yang dominan juga mencerminkan peran penting kecamatan ini dalam penyediaan kebutuhan pangan, baik untuk wilayah lokal maupun sekitarnya.

Salah satu desa yang menjadi pusat perhatian dalam penelitian ini adalah Desa Tambakrejo. Desa ini memiliki lahan sawah yang luas dan subur, dengan sebagian besar penduduknya menggantungkan hidup pada sektor pertanian, khususnya padi. Potensi pertanian di Desa Tambakrejo cukup besar karena ditunjang oleh sistem pengairan yang memadai, sehingga memungkinkan petani untuk melakukan kegiatan tanam lebih optimal. Kondisi tersebut menjadikan Desa Tambakrejo sebagai salah satu desa yang produktif dalam kegiatan usahatani padi di Kecamatan Dudusampeyan.

Selain potensi pertanian, Desa Tambakrejo juga dikenal sebagai desa yang adaptif terhadap inovasi teknologi pertanian. Petani di desa ini mulai memanfaatkan teknologi drone untuk kegiatan penyemprotan tanaman padi. Tingginya angka penggunaan drone menunjukkan adanya kesadaran petani terhadap pentingnya efisiensi waktu, tenaga, dan biaya dalam bercocok tanam. Hal ini menjadikan Desa Tambakrejo representatif sebagai lokasi penelitian untuk mengkaji penerapan teknologi drone serta dampaknya terhadap produktivitas dan efisiensi usaha tani padi.

Mekanisme Penggunaan Drone

Penggunaan drone dalam pemeliharaan tanaman padi melibatkan berbagai aspek yang saling terhubung dalam satu mekanisme kerja yang terstruktur. Mekanisme penggunaan drone harus diperhatikan dan disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) karena setiap tahap operasional memiliki peran penting dalam menjamin efektivitas dan keamanan kerja (Syahbudin, 2024). Penggunaan drone yang tidak sesuai prosedur dapat menyebabkan penyemprotan yang tidak merata, pemborosan bahan, hingga potensi kerusakan pada tanaman. Selain itu, aspek keselamatan juga menjadi pertimbangan utama, mengingat drone merupakan perangkat terbang yang membutuhkan kontrol presisi

dan pengaturan teknis yang tepat agar tidak membahayakan operator maupun lingkungan sekitar (Priambodo & Sirait, 2024). Berikut merupakan mekanisme penggunaan drone:

1. Pemantauan kondisi tanaman (*crop monitoring*)

Mekanisme penggunaan drone dalam tahap pemantauan kondisi tanaman (*crop monitoring*) diawali dengan pengamatan terhadap kondisi pertumbuhan tanaman padi secara menyeluruh. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kesehatan tanaman di lahan. Pemantauan dilakukan melalui observasi langsung di lapangan. Tim aplikator biasanya melakukan pengamatan visual terhadap serangan hama dan penyakit, serta tingkat pertumbuhan tanaman. Setelah pengamatan kondisi tanaman selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah peninjauan lokasi penerbangan drone. Tim memastikan bahwa area tempat take off dan landing drone berada di lokasi yang benar-benar aman atau clear area. Lokasi ini harus bebas dari hambatan seperti kabel listrik, pepohonan tinggi, tiang, atau aktivitas manusia dan hewan di sekitarnya. Langkah ini penting untuk menjamin keselamatan operasional drone selama proses lepas landas dan pendaratan.

2. Aplikasi pupuk dan pestisida (*precision spraying*)

Tahapan penggunaan drone dalam aplikasi pupuk dan pestisida atau *precision spraying* dimulai dengan kegiatan observasi lapangan untuk memastikan kondisi tanaman serta kebutuhan aplikasi pestisida atau pupuk cair. Setelah observasi dilakukan, pilot drone memeriksa kelayakan perangkat yang akan digunakan. Pemeriksaan ini mencakup pengecekan fisik drone, kalibrasi alat semprot, hingga memastikan bahwa seluruh sistem berfungsi dengan baik. Selain itu, kelengkapan logistik juga dicek, seperti memastikan baterai dalam kondisi penuh, bahan bakar genset tersedia, serta alat komunikasi berjalan lancar. Semua hal ini dilakukan untuk memastikan penerbangan berjalan aman dan efisien.

3. Pemetaan lahan (*mapping areal*)

Pilot drone mulai menerbangkan drone untuk melakukan pemetaan areal. Data yang dikumpulkan selama penerbangan akan diproses untuk menghasilkan peta digital berupa luasan, kontur, serta informasi lainnya terkait kondisi lahan. Berdasarkan informasi tersebut, aplikator menentukan jenis dan dosis pestisida atau pupuk yang sesuai dengan kondisi tanaman dan luas lahan yang akan dikerjakan. Data pemetaan ini juga menjadi acuan untuk mengatur jalur penerbangan drone saat penyemprotan, sehingga proses aplikasi berjalan efisien, merata, dan tidak terjadi penyemprotan ganda maupun area yang terlewat.

4. Drone siap operasi (*ready to fly*)

Tahap terakhir adalah memastikan drone siap diterbangkan, yang meliputi pengecekan kondisi unit, pengisian bahan sesuai kebutuhan penyemprotan, kalibrasi alat, serta penyesuaian rute terbang sesuai

kondisi lahan. Setelah semua persiapan selesai, drone langsung dioperasikan oleh operator terlatih untuk melakukan penyemprotan secara cepat, tepat, dan merata di seluruh area lahan.

Efisiensi Teknis

Model yang digunakan meliputi CRS (CRS-TE/CRSTE) untuk menilai efisiensi teknis di bawah asumsi *returns to scale konstan*, serta VRS (VRSTE) untuk memisahkan efisiensi teknis murni dari pengaruh skala usaha. Dari perbandingan CRSTE dan VRSTE dihitung pula *Scale Efficiency* (SE) untuk menilai apakah unit beroperasi pada skala optimal. Variabel input yang dianalisis meliputi luas lahan, jumlah benih, jumlah pupuk, jumlah pestisida, dan jumlah tenaga kerja, sedangkan variabel output utamanya adalah produksi padi. Analisis dilakukan pada sampel petani responden, di mana setiap DMU dievaluasi untuk memperoleh skor efisiensi dengan rentang nilai 0 hingga 1.

Tabel 1. Efisiensi Teknis dengan Asumsi CRSTE, VRSTE dan Efisiensi Skala Drone

Pengguna Drone					
Efisiensi CRSTE		Efisiensi VRSTE		Efisiensi Skala (SE)	
Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
0,797-0,961	7	0,797-0,961	0	0,797-0,961	7
1,000	9	1,000	16	1,000	9
Mean	0,9551	Mean	1,0000	Mean	0,9551

Sumber: Data primer diolah (2025)

Hasil analisis *Data Envelopment Analysis* (DEA) terhadap kelompok petani padi sawah yang menggunakan teknologi drone menunjukkan tingkat efisiensi teknis yang relatif tinggi, baik pada pengukuran dengan asumsi *Constant Return to Scale* (CRSTE) maupun *Variable Return to Scale* (VRSTE). Nilai rata-rata efisiensi teknis CRSTE sebesar 0,9551 mengindikasikan bahwa secara umum petani pengguna drone telah mampu memanfaatkan sumber daya produksi secara hampir optimal, dengan potensi perbaikan efisiensi yang relatif kecil yaitu sekitar 4,49%. Dari total 16 petani dalam kelompok ini, sebanyak 9 petani (56,25%) sudah mencapai tingkat efisiensi penuh (nilai = 1,000), sedangkan 7

petani lainnya (43,75%) memiliki nilai efisiensi pada kisaran 0,797–0,961. Tingginya nilai CRSTE ini mencerminkan bahwa penggunaan drone telah membantu meminimalkan pemborosan input serta meningkatkan produktivitas melalui efisiensi kerja yang lebih baik dibandingkan metode manual (Anggreni, 2025).

Berdasarkan tabel Asumsi VRSTE, nilai rata-rata efisiensi teknis kelompok ini meningkat menjadi 1,0000, yang berarti seluruh petani pengguna drone telah mencapai efisiensi teknis murni secara sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa dari aspek keterampilan, teknologi, dan manajemen input-output, para petani telah mampu mengelola faktor produksi secara optimal tanpa adanya inefisiensi teknis.

Keterbatasan yang masih muncul pada nilai CRSTE ini tidak berasal dari faktor teknis, melainkan sepenuhnya disebabkan oleh faktor skala usaha. Kondisi ini sekaligus menjadi bukti bahwa adopsi drone bukan hanya meningkatkan kualitas teknis pengelolaan lahan, tetapi juga menstandarkan kinerja teknis seluruh petani hingga mencapai level optimal (Mendrofa *et al.*, 2024).

Pengukuran *Scale Efficiency* (SE) menunjukkan nilai rata-rata 0,9551, identik dengan nilai CRSTE. Hal ini menandakan bahwa sebagian besar keterbatasan efisiensi

yang tersisa di kelompok pengguna drone disebabkan oleh skala usaha yang belum sepenuhnya optimal. Dari total 16 petani, 9 petani (56,25%) telah beroperasi pada skala optimal (SE = 1,000), sedangkan sisanya (7 petani, 43,75%) memiliki nilai SE pada kisaran 0,797–0,961. Nilai SE yang mendekati 1,000 memperlihatkan bahwa skala usaha kelompok ini sudah hampir ideal, namun masih ada peluang perbaikan, misalnya melalui perluasan area layanan drone atau peningkatan frekuensi pemanfaatan drone dalam satu musim tanam.

Tabel 2. Efisiensi Teknis dengan Asumsi CRSTE, VRSTE dan Efisiensi Skala Non-Drone

Pengguna Non-Drone					
Efisiensi CRSTE		Efisiensi VRSTE		Efisiensi Skala (SE)	
Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah	Nilai	Jumlah
0,157-0,595	15	0,254-0,990	11	0,197-0,974	15
1,000	3	1,000	7	1,000	3
Mean	0,6886	Mean	0,8964	Mean	0,7567

Sumber: Data diolah (2025)

Berdasarkan hasil analisis *Data Envelopment Analysis* (DEA) terhadap kelompok petani padi sawah yang tidak menggunakan teknologi drone, menunjukkan bahwa secara umum tingkat efisiensi teknis masih berada pada kategori sedang hingga rendah, terutama jika diukur dengan asumsi *Constant Return to Scale* (CRSTE). Nilai rata-rata efisiensi teknis CRSTE sebesar 0,6886 mengindikasikan bahwa petani non-drone baru mampu mencapai sekitar 68,86% dari tingkat efisiensi optimal. Terdapat peluang perbaikan sebesar 31,14% yang dapat dilakukan melalui pengurangan input yang berlebih atau peningkatan output tanpa menambah input yang digunakan. Dari total 18 petani dalam kelompok ini, hanya 3 petani (16,67%) yang telah mencapai efisiensi penuh (nilai efisiensi = 1,000), sementara mayoritas sebanyak 15 petani (83,33%) masih berada pada kisaran nilai efisiensi yang relatif rendah, yaitu 0,157–0,595. Hal ini mencerminkan adanya kesenjangan yang cukup signifikan dalam hal pengelolaan faktor produksi, di mana sebagian besar petani

masih belum memanfaatkan sumber daya secara optimal (Iskandar, 2024).

Pengukuran dengan asumsi *Variable Return to Scale* (VRSTE), nilai rata-rata efisiensi teknis meningkat menjadi 0,8964. Peningkatan ini menunjukkan bahwa keterbatasan efisiensi pada kelompok petani non-drone tidak sepenuhnya disebabkan oleh ketidakmampuan teknis, tetapi lebih banyak dipengaruhi oleh masalah skala usaha. Hal ini terlihat dari bertambahnya jumlah petani yang mencapai efisiensi penuh menjadi 7 petani (38,89%) pada kondisi VRS, serta menurunnya jumlah petani yang berada di bawah nilai efisiensi sempurna menjadi 6 orang. Pada tingkat pengelolaan teknis murni, sebagian besar petani non-drone sudah berada pada kategori baik, namun faktor kapasitas usaha yang kurang optimal menyebabkan hasil pengukuran pada CRSTE menjadi lebih rendah.

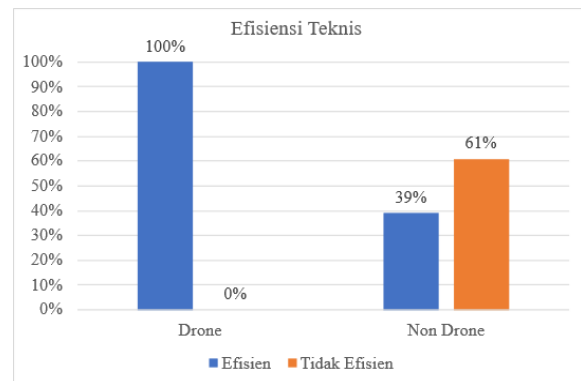
Hasil perhitungan *Scale Efficiency* (SE) memberikan bukti tambahan terkait hal tersebut. Rata-rata nilai SE sebesar 0,7567 menunjukkan bahwa skala usaha

yang dijalankan oleh petani non-drone hanya mencapai sekitar 75,67% dari kondisi optimal. Hanya 3 petani (16,67%) yang beroperasi pada skala usaha optimal dengan nilai SE = 1,000, sedangkan mayoritas (15 petani) memiliki nilai SE pada kisaran 0,197–0,974. Kondisi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti luas lahan yang terbatas, penggunaan tenaga kerja manual yang lebih banyak dibandingkan teknologi drone, serta adanya keterbatasan modal yang membatasi penggunaan input modern secara efektif. Rendahnya SE menandakan bahwa perbaikan efisiensi tidak hanya dapat dilakukan dengan meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga dengan melakukan penyesuaian skala usaha agar sejalan dengan kapasitas optimal produksi (Yofa *et al.*, 2021).

Diagram Batang Perbandingan Model *Variable Returns to Scale* (VRS)

Dari Hasil analisis *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan pendekatan *Constant Return to Scale Technical Efficiency* (CRSTE) dan *Variable Return to Scale Technical Efficiency* (VRSTE), terlihat bahwa terdapat perbedaan kinerja teknis antara petani pengguna teknologi drone dan non-drone. Dalam penelitian ini, VRSTE lebih relevan digunakan sebagai acuan utama karena skala usahatani responden bervariasi, mulai dari kecil hingga besar. Pada pendekatan *Variable Returns to Scale* (VRS), terlihat bahwa tingkat efisiensi teknis murni petani pengguna drone jauh lebih tinggi dibandingkan non-drone. Hasil ini memperkuat

bahwa pendekatan VRS memberikan gambaran yang lebih akurat untuk kondisi usahatani yang berbeda-beda skalanya. Teknologi drone terbukti memberikan keuntungan signifikan pada efisiensi teknis murni, karena mengurangi kesalahan teknis yang sering terjadi pada metode konvensional (Natasya, 2024).



Gambar 3. Diagram Perbandingan Efisiensi Teknis Model *Variable Returns to Scale* (VRS)

Analisis Uji Beda Rata-Rata

Menurut Soeprajogo (2020), uji beda rata-rata dua sampel berpasangan (*paired sample t-test*) adalah metode statistik parametrik yang digunakan untuk membandingkan dua kondisi berbeda pada subjek yang sama untuk melihat apakah terdapat perubahan atau perbedaan yang signifikan. Dalam penelitian ini, uji tersebut digunakan untuk menilai perbedaan produksi usahatani padi sawah antara penggunaan teknologi drone dan metode non-drone.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Produksi	Equal variances assumed	2,446	0,128	7,195	32	0,000
	Equal variances not assumed			7,423	27,442	0,000

Berdasarkan hasil pengujian, nilai Levene's Test menunjukkan $F = 2.446$ dengan tingkat signifikansi (Sig.) sebesar 0.128. Nilai signifikansi ini lebih besar dari 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa

varians produksi antara kedua kelompok petani adalah homogen atau sama. Kesetaraan varians ini penting karena menunjukkan bahwa penyebaran data produksi pada kedua kelompok relatif serupa dan tidak terdapat perbedaan

keragaman yang ekstrem. Dengan terpenuhinya asumsi homogenitas varians, maka interpretasi hasil uji t mengacu pada baris *Equal variances assumed*, yang berarti model uji t dapat diaplikasikan secara tepat tanpa perlu menggunakan penyesuaian khusus (Rachmawati *et al.*, 2021).

Diperoleh nilai statistik t sebesar 7.195 dengan derajat kebebasan ($df = 32$) dan tingkat signifikansi Sig. (2-tailed) = 0.000. Nilai signifikansi yang berada jauh di bawah ambang batas 0.05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan secara statistik antara rata-rata produksi petani yang menggunakan drone dan petani yang tidak menggunakan drone. Dengan kata lain, hasil ini memberikan bukti yang kuat bahwa penggunaan teknologi drone memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan produksi padi di tingkat usahatani.

Perbedaan signifikan ini mengindikasikan bahwa teknologi drone mampu meningkatkan efisiensi teknis petani, terutama melalui peningkatan akurasi dalam pemberian input seperti pupuk dan pestisida, pemerataan aplikasi, serta efisiensi waktu dalam proses budidaya (Firmansyah & Fadila, 2025). Drone memungkinkan kegiatan penyemprotan dilakukan secara lebih presisi dan seragam dibandingkan metode manual, sehingga tanaman dapat menerima perlakuan pada waktu yang tepat dan dengan dosis yang optimal. Kondisi tersebut berdampak langsung pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan hasil panen yang lebih tinggi (Ningsi, 2025).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa mekanisme penggunaan drone dalam usahatani padi sawah menunjukkan bahwa setiap tahapan, mulai dari pemantauan kondisi tanaman (*crop monitoring*), aplikasi pupuk dan pestisida (*precision spraying*), pemetaan lahan (*mapping areal*), hingga drone siap operasi (*ready to fly*), saling terhubung dan memiliki peran penting dalam menjamin keberhasilan penggunaan drone di lapangan. Petani pengguna drone

memiliki efisiensi teknis yang jauh lebih tinggi dibandingkan petani non-drone. Kelompok drone mencapai efisiensi murni sempurna ($VRSTE = 1,000$), sedangkan kelompok non-drone masih rendah dengan rata-rata 0,8964. Perbedaan yang sangat signifikan secara statistik antara rata-rata produksi petani yang menggunakan drone dan petani yang tidak menggunakan drone. Dengan kata lain, memberikan bukti yang kuat bahwa penggunaan teknologi drone memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan produksi padi di tingkat usahatani.

Saran

Disarankan pemerintah dan penyuluh pertanian memberikan dukungan berupa sosialisasi untuk mendorong adopsi teknologi drone secara lebih luas. Sosialisasi dapat meningkatkan pemahaman petani mengenai manfaat dan efektivitas penggunaan drone dalam usahatani. Petani juga diharapkan untuk lebih terbuka dalam mengadopsi teknologi pertanian modern seperti drone karena penggunaan teknologi ini terbukti mampu menghemat waktu kerja, mengurangi beban tenaga, serta meminimalkan pemborosan input. Dengan pemanfaatan teknologi secara berkelanjutan, petani dapat menyesuaikan diri dengan perkembangan pertanian modern dan meningkatkan daya saing usahatani.

DAFTAR PUSTAKA

- A'isyah, S., & Santoso, R. A. (2021). *Pendapatan Bagi Petani Sawah Dalam Perspektif Produktivitas Di Desa Pandanan Kecamatan Duduk Sampeyan Gresik*. Jurnal Mahasiswa Manajemen, 2(01), 23.
<https://doi.org/10.30587/mahasiswa-manajemen.v2i01.2514>.
- Anggreni, N. V. (2025). *Implementasi Pertanian Presisi dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi*. Circle Archive, 1(7), 1–9.
- Ariyani, T. P., & Cahyadin, M. (2020).

- Pengukuran Tingkat Efisiensi Usaha Kecil dan Menengah di Karesidenan Surakarta Tahun 2015-2016*. Jurnal Penelitian Ekonomi Dan Bisnis, 5(1), 27–38.
<https://doi.org/10.33633/jpeb.v5i1.2557>
- Ariyanti, S. D., Nabila, U., & Rahmawati, L. (2024). *Pemenuhan Kebutuhan Produksi Beras Nasional dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Menurut Perspektif Ekonomi Islam*. Jurnal Ekonomi Syariah Dan Bisnis, 7(1), 82–93.
<https://doi.org/10.31949/maro.v7i1.9121>
- Destri, N. H. (2024). *Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia*. Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi, 6(2), 502–512.
- Firmansyah, M. F., & Fadila, I. (2025). *Pengaruh Penggunaan Drone Dalam Pemantauan Tanaman Di Jawa Timur (Nganjuk, Lamongan, Jember)*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri IV Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Terbuka, 2(2), 400–406.
- Iskandar, A. A. (2024). *Analisis faktor produksi terhadap kepuasan petani dalam mendorong ketahanan pangan di Sulawesi Selatan*. JPPI (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia), 10 (2), 852–862.
- Kaleka, M. U., Maulida, E., Taek, E., Swastawan, I. P. E., & Arisena, G. M. K. (2020). *Kajian risiko usaha tani padi di Indonesia*. Universitas Udayana, Kota Denpasar, Bali. Agromix, 11(2), 166–176.
- Mandang, M., Sondakh, M. F. L., & Laoh, O. E. H. (2020). *Karakteristik Petani Berlahan Sempit Di Desa Tolok Kecamatan Tompaso*. Agri-Sosioekonomi, 16(1), 105.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.1.2020.27131>
- Mendrofa, J. S., Zendrato Martirah, W., Halawa, N., Zalukhu, E. E., & Lase, N. K. (2024). *Peran Teknologi dalam Meningkatkan Efisiensi Pertanian*. Tumbuhan: Publikasi Ilmu Sosiologi Pertanian Dan Ilmu Kehutanan, 1(3), 01–12.
<https://doi.org/10.62951/tumbuhan.v1i3.1111> Available online at: <https://journal.asritani.or.id/index.php/Tumbuhan>
- Muthahari, F., Ahman, E., & Istikomah, N. (2020). *Efisiensi Produksi Usaha Manisan Cianjur*. Jurnal Pendidikan Ekonomi Indonesia, 2(1), 72–84.
<https://doi.org/10.17509/jpei.v2i1.28344>
- Natasya, D. (2024). *Penerapan Teknologi Pertanian Presisi dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi*. Literacy Notes, 2(1), 1–8.
- Ningsi, P. S. (2025). *Peran Smart Farming, Iot, Dan Pertanian Presisi Dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Berkelanjutan*. Interface: Journal of Multidiciplinary, 1(1), 22–36.
- Oda, Y., Muhammad, A., & Fyka, S. A. (2024). *Analisis Perbedaan Pendapatan Petani Padi Dan Petani Minapadi Di Kecamatan Basala Kabupaten Konawe Selatan*. INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research, 4, 6224–6241.
- Priambodo, O. N., & Sirait, A. (2024). *Penggunaan Drone Pada Pencegahan Hama Ulat Kantong (Clani Tertia) Pada Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 26(1), 13.

- Putri, A., Hamidi, W., & Yovita, I. (2024). *Analisis Efisiensi Penggunaan Faktor - Faktor Produksi Keripik Nenas di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar*. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4, 16211–16231.
- Rachmawati, I. A., Sidhi, E. Y., & Andajani, W. (2021). *Analisis Komparatif Biaya dan Pendapatan Usahatani Padi Sawah Antara Petani Anggota Kelompok Tani dan Non-Anggota Kelompok Tani (Studi Kasus Desa*. *JINTAN: Jurnal Ilmiah Pertanian Nasional*, 1(1), 61–72.
- Rachmawati, R. R. (2021). *Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern*. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137.
<https://doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>
- Rahma, E. A. (2022). *Perencanaan Pembangunan Desa Berdasarkan Kapasitas Desa Studi Kasus Di Desa Bendungan Kecamatan Duduk sampeyan*.
- Swasono, M. A. H., Dianta Mustofa K., & Muthmainah, H. N. (2023). *Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Optimalisasi Produksi Tanaman Pangan: Studi Bibliometrik Skala Nasional*. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(08), 668–683.
<https://doi.org/10.58812/jmws.v2i08.589>.
- Syahbudin, W. (2024). *Aplikasi Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi Pertanian*. *Literacy Notes*, 2 (Vol. 2 No. 1 (2024): Literacy Notes), 1–8.
- Tasya, N., & Silvia, V. (2024). *Peran Inovasi Teknologi Dalam Meningkatkan Efisiensi Ekonomi Pertanian*. *JSSTEK- Jurnal Studi Sains Dan Teknik*, 2(1), 90–97.
- Wardoni, I., Kartika, I., & Wijayanti, E. (2024). *Pengukuran Efisiensi Perusahaan Go-Public Sektor Pertanian dan Perkebunan di Indonesia dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Bootstrap Measurement Efficiency of Go-Publ*. *Mimbar Agribisnis : Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(1), 1373–1384.
- Wijaksono, R., Rozaki, Z., Wulandari, R., & Arie Suryani, C. (2024). *Pemanfaatan Teknologi Pertanian Oleh Petani Milenial*. *Seminar Nasional Agribisnis*, 1(2), 109–116.
- Yofa, R. D., Syaukat, Y., & Sumaryanto. (2021). *Perubahan Efisiensi Teknis Usaha Tani Jagung pada Agroekosistem Lahan Kering*. *Jurnal Agro Ekonomi*, 39(2), 97–116.
- Yulisti, M., Mulyawan, I., Deswati, R. H., & Luhur, E. S. (2021). *Dampak Sertifikasi Cbib Terhadap Efisiensi Teknis Pada Budidaya Tambak Udang Vannamei*. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 16(1), 89.
<https://doi.org/10.15578/jsekp.v16i1.9775>.