




Optimasi Produktivitas dan Efisiensi Penggunaan Air Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) di Bawah Variabilitas Iklim melalui Irigasi Tetes dan Teknologi Mulsa

Poppy Khairunnisa^{1*} , Suci Septrianda² , Sri Murtini³ 

¹Agroteknologi, Universitas Bina Insan

² Universitas Palembang

³ Budidaya Perairan, Universitas Bina Insan

*Corresponding author's e-mail: poppy.khairunnisa@gmail.com

Article Info	Abstrak
<p><i>Article History:</i> Diterima : 15/3/2026 Direvisi : 18/3/2026 Diterima : 23/3/2026 Diterbitkan : 26/3/2026</p> <p>Kata Kunci Irigasi Tetes; Mulsa Plastik; Efisiensi Air; Cabai Merah; Climate-Smart Agriculture</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat irigasi tetes dan penggunaan mulsa terhadap produktivitas, efisiensi penggunaan air, serta persentase fruit set tanaman cabai merah (<i>Capsicum annuum</i> L.) di bawah kondisi variabilitas iklim. Penelitian menggunakan rancangan faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor, yaitu tingkat irigasi (100%, 75%, dan 50% ETc) dan jenis mulsa (tanpa mulsa, plastik hitam perak, dan biodegradable). Data dikumpulkan melalui pengukuran produksi buah per tanaman, efisiensi penggunaan air, dan fruit set, kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan irigasi dan mulsa berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diamati. Produksi tertinggi diperoleh pada 100% ETc dengan mulsa plastik hitam perak, sedangkan efisiensi penggunaan air tertinggi terjadi pada 50% ETc dengan mulsa yang sama. Persentase fruit set tertinggi tercapai pada kondisi irigasi optimal. Ditemukan adanya trade-off antara produktivitas dan efisiensi air. Kombinasi perlakuan terbaik adalah 75% ETc dengan mulsa plastik hitam perak yang memberikan kinerja seimbang. Temuan ini mendukung penerapan konsep <i>climate-smart agriculture</i> dalam meningkatkan efisiensi air dan produktivitas tanaman hortikultura secara berkelanjutan.</p>
<p><i>Keyword:</i> Drip Irrigation, Plastic Mulch, Water Use Efficiency, Red Chili, Climate-Smart Agriculture</p> <p> This article is licensed under the Creative Commons Attribution-Share like 4.0 International License.</p>	<p>Abstract</p> <p><i>This study aims to analyze the effects of drip irrigation levels and mulching on yield, water use efficiency, and fruit set of red chili (<i>Capsicum annuum</i> L.) under climate variability conditions. A factorial experiment was conducted using a randomized complete block design with two factors: irrigation levels (100%, 75%, and 50% ETc) and mulch types (no mulch, plastic mulch, and biodegradable mulch). Data were collected on yield per plant, water use efficiency, and fruit set, and analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test at a 5% significance level. The results revealed that irrigation and mulching significantly affected all observed parameters. The highest yield was obtained at 100% ETc with plastic mulch, while the highest water use efficiency was recorded at 50% ETc with the same mulch treatment. The highest fruit set percentage occurred under optimal irrigation conditions. A trade-off between yield and water use efficiency was identified. The optimal treatment combination was 75% ETc with plastic mulch, which provided balanced performance across all parameters. These findings highlight the importance of integrating irrigation management and mulching practices to support climate-smart agriculture and improve resource-use efficiency in horticultural systems.</i></p>

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini (APA 7th Style) :

Khairunnisa, P., Septrianda, S., & Murtini, S. (2026). Optimasi produktivitas dan efisiensi penggunaan air tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) di bawah variabilitas iklim melalui irigasi tetes dan teknologi mulsa. *Agrofera: Agronomical Journal*, 1(1), 47-57. <https://doi.org/xxxxxx/xxxxxx>

Pendahuluan

Sektor pertanian hortikultura, khususnya cabai merah (*Capsicum annuum* L.), memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan stabilitas ekonomi di Indonesia karena kontribusinya terhadap pendapatan petani dan pasar domestik (Sari et al., 2020). Cabai merah merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi dengan permintaan yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri pangan (Syukur et al., 2018). Meskipun demikian, produktivitas cabai merah di tingkat petani masih menghadapi berbagai kendala, terutama yang berkaitan dengan faktor lingkungan seperti ketersediaan air dan perubahan iklim yang mempengaruhi stabilitas produksi (Lesk et al., 2016). Variabilitas iklim yang semakin tidak menentu, ditandai dengan perubahan pola curah hujan dan peningkatan suhu, memberikan tekanan signifikan terhadap sistem produksi pertanian karena meningkatkan risiko gagal panen dan penurunan hasil (Zhao et al., 2017).

Ketersediaan air menjadi salah satu faktor pembatas utama dalam budidaya cabai merah, terutama pada sistem pertanian lahan terbuka yang sangat bergantung pada curah hujan (FAO, 2019). Kondisi kekurangan air menyebabkan cekaman fisiologis yang berdampak pada penurunan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman, termasuk penurunan pembentukan buah akibat gangguan fotosintesis dan metabolisme tanaman (Farooq et al., 2017). Selain itu, penggunaan air yang tidak efisien juga menjadi masalah penting dalam pengelolaan pertanian modern karena meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air yang terbatas (Li et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi budidaya yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mempertahankan produktivitas tanaman, seperti sistem irigasi tetes yang mampu meningkatkan efisiensi distribusi air dan penggunaan mulsa yang dapat mengurangi evaporasi serta menjaga kelembaban tanah (Kumar et al., 2017).

Penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh tingkat irigasi tetes terhadap produktivitas cabai merah dalam kondisi variabilitas iklim. Selain itu, penelitian ini juga menelaah peran penggunaan berbagai jenis mulsa dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil tanaman. Interaksi antara irigasi tetes dan mulsa menjadi aspek penting yang dikaji untuk memahami bagaimana kombinasi kedua faktor tersebut mempengaruhi produksi, efisiensi penggunaan air, dan keberhasilan pembentukan buah pada tanaman cabai merah.

Irigasi tetes telah banyak dilaporkan sebagai teknologi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman hortikultura karena mampu memberikan air secara tepat sasaran pada zona perakaran (Feres & Soriano, 2017). Sistem ini bekerja dengan cara menyalurkan air secara langsung ke zona perakaran tanaman sehingga dapat mengurangi kehilangan air akibat evaporasi dan aliran permukaan serta meningkatkan efisiensi penggunaan air (Kang et al., 2017). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan irigasi defisit terkontrol mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air tanpa mengurangi hasil secara signifikan, terutama pada tingkat defisit moderat yang masih dapat ditoleransi tanaman (Geerts & Raes, 2019).

Selain teknologi irigasi, penggunaan mulsa juga menjadi salah satu strategi penting dalam konservasi air dan peningkatan produktivitas tanaman karena mampu mengurangi kehilangan air dari permukaan tanah (Steinmetz et al., 2019). Mulsa plastik hitam perak, misalnya, dikenal mampu menekan evaporasi, menjaga kelembaban tanah, serta meningkatkan suhu tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman (Kasirajan & Ngouajio, 2017). Di sisi lain, mulsa biodegradable mulai dikembangkan sebagai alternatif ramah lingkungan yang tetap memberikan manfaat agronomis tanpa menimbulkan residu plastik di lingkungan (Sintim & Flury, 2017). Penggunaan mulsa juga terbukti

dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air serta hasil tanaman melalui perbaikan kondisi mikroklimat tanah (Zribi et al., 2017).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih mengkaji pengaruh irigasi dan mulsa secara terpisah sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai interaksi keduanya (Kader et al., 2017). Kajian yang mengintegrasikan kedua faktor tersebut dalam satu desain penelitian masih terbatas, terutama dalam konteks variabilitas iklim yang semakin kompleks (Hatfield & Dold, 2019). Selain itu, penelitian yang mengaitkan aspek produktivitas dengan efisiensi penggunaan air dan indikator fisiologis seperti *fruit set* juga masih relatif sedikit, padahal parameter tersebut penting dalam menentukan keberhasilan reproduksi tanaman (Sharma et al., 2018). Beberapa studi mulai menunjukkan bahwa pendekatan terintegrasi antara irigasi dan mulsa dapat meningkatkan efisiensi air sekaligus hasil tanaman secara signifikan (Li et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu mengintegrasikan berbagai aspek tersebut untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap sistem produksi tanaman hortikultura di bawah tekanan lingkungan (Jones, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat irigasi tetes dan penggunaan mulsa terhadap produktivitas cabai merah, efisiensi penggunaan air, serta persentase *fruit set*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi perlakuan terbaik yang mampu meningkatkan hasil tanaman secara optimal dengan penggunaan sumber daya air yang efisien. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan aspek produksi, efisiensi penggunaan air, dan respons fisiologis tanaman dalam satu kerangka analisis. Penelitian ini juga mengkaji interaksi antara irigasi tetes dan berbagai jenis mulsa dalam kondisi variabilitas iklim, yang masih relatif jarang dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi penting bagi pengembangan ilmu pertanian, khususnya dalam bidang manajemen air dan teknologi budidaya hortikultura. Secara teoretis, hasil penelitian ini dapat memperkaya literatur mengenai hubungan antara irigasi, mulsa, dan respons tanaman terhadap cekaman lingkungan. Secara praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi teknologi yang dapat diterapkan oleh petani untuk meningkatkan produktivitas cabai merah secara berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini juga memiliki implikasi bagi perumusan kebijakan pertanian, terutama dalam upaya meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim dan berorientasi pada keberlanjutan.

Metode Penelitian

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan rancangan faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor pertama adalah irigasi tetes yang terdiri atas tiga taraf, yaitu I1 (100% ETc), I2 (75% ETc), dan I3 (50% ETc). Faktor kedua adalah jenis mulsa yang terdiri atas M1 (tanpa mulsa), M2 (mulsa plastik hitam perak), dan M3 (mulsa biodegradable). Pemilihan desain faktorial bertujuan untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor serta interaksi antara irigasi dan mulsa terhadap produktivitas cabai merah di bawah kondisi variabilitas iklim.

2. Lokasi dan Kondisi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Universitas Bina Insan yang memiliki karakteristik agroklimat tropis dengan suhu rata-rata harian berkisar antara 26–32°C dan curah hujan yang

fluktuatif. Kondisi tanah pada lokasi penelitian tergolong tanah mineral dengan tekstur lempung berpasir yang cukup sesuai untuk budidaya cabai merah. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada representasinya terhadap kondisi pertanian lahan terbuka yang rentan terhadap variabilitas iklim, khususnya ketersediaan air.

3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap tanaman pada setiap unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi produksi buah per tanaman (g/tanaman), efisiensi penggunaan air (g/L), dan persentase fruit set (%). Pengukuran produksi dilakukan dengan menimbang total hasil panen per tanaman, sedangkan efisiensi penggunaan air dihitung berdasarkan rasio hasil terhadap volume air yang diberikan melalui sistem irigasi tetes. Persentase fruit set dihitung dari perbandingan jumlah buah yang terbentuk terhadap jumlah bunga. Untuk menjamin validitas data, dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada setiap perlakuan, serta pencatatan data dilakukan secara sistematis dan terstandar.

4. Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan persiapan lahan, pembuatan bedengan, dan pemasangan sistem irigasi tetes sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pemasangan mulsa sesuai dengan jenis perlakuan pada masing-masing petak percobaan. Penanaman bibit cabai dilakukan secara seragam dengan jarak tanam yang telah ditentukan. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman sesuai perlakuan irigasi, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, serta penyiangan gulma. Pengamatan dilakukan secara berkala mulai dari fase vegetatif hingga panen. Data hasil pengamatan kemudian direkap dan dianalisis.

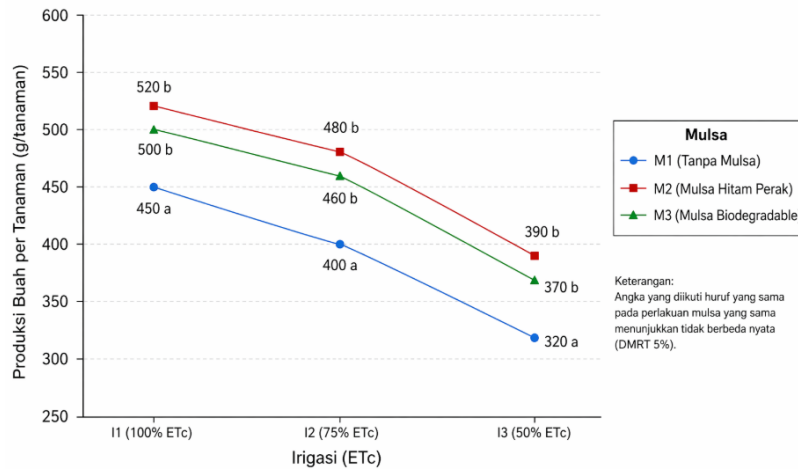
5. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diamati karena metode ini umum digunakan dalam penelitian pertanian untuk menguji perbedaan antar perlakuan secara statistik (Gomez & Gomez, 1984). Jika terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk membandingkan antar perlakuan secara lebih rinci. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh faktor tunggal maupun interaksi antara irigasi dan mulsa. Validitas hasil penelitian dijaga melalui konsistensi pengamatan, pengulangan percobaan, serta interpretasi data yang didasarkan pada prinsip ilmiah.

Hasil dan Pembahasan

1. Produksi Buah per Tanaman (g/tanaman)

Gambar 1 menunjukkan rata-rata produksi buah cabai merah (g/tanaman) pada berbagai kombinasi perlakuan irigasi tetes dan penggunaan mulsa



Gamabr 1. Rata-rata Produksi Buah Cabai Merah (g/tanaman)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan irigasi tetes dan penggunaan mulsa memberikan pengaruh nyata terhadap produksi buah cabai merah per tanaman. Secara umum, produksi tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan I1M2 (100% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) sebesar 520 g/tanaman, diikuti oleh I1M3 sebesar 500 g/tanaman dan I1M1 sebesar 450 g/tanaman. Pada tingkat irigasi 75% ETc (I2), produksi mengalami penurunan, dengan nilai tertinggi pada M2 (480 g/tanaman), diikuti M3 (460 g/tanaman), dan M1 (400 g/tanaman). Penurunan lebih lanjut terlihat pada perlakuan I3 (50% ETc), dengan produksi masing-masing 390 g/tanaman (M2), 370 g/tanaman (M3), dan 320 g/tanaman (M1). Pola ini menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat pemberian air, maka produksi buah per tanaman cenderung menurun. Namun demikian, penggunaan mulsa, khususnya mulsa plastik hitam perak, mampu meningkatkan produksi pada semua tingkat irigasi. Hal ini terlihat dari konsistensi nilai M2 yang selalu lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Secara fisiologis, ketersediaan air yang optimal pada perlakuan I1 memungkinkan tanaman melakukan proses fotosintesis secara maksimal sehingga mendukung pembentukan dan pengisian buah. Sebaliknya, pada kondisi defisit air (I2 dan I3), tanaman mengalami cekaman yang berdampak pada penurunan aktivitas fisiologis, termasuk pembentukan bunga dan buah. Penggunaan mulsa plastik hitam perak terbukti meningkatkan produksi karena kemampuannya dalam menjaga kelembaban tanah, mengurangi evaporasi, serta meningkatkan suhu tanah yang mendukung pertumbuhan akar. Selain itu, mulsa juga membantu menekan pertumbuhan gulma sehingga kompetisi terhadap air dan nutrisi menjadi lebih rendah. Adanya pola garis yang tidak sejajar pada grafik interaksi menunjukkan adanya interaksi antara faktor irigasi dan mulsa. Artinya, efektivitas mulsa dalam meningkatkan produksi dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan air. Kombinasi perlakuan terbaik (I1M2) menunjukkan bahwa kondisi air optimal yang dikombinasikan dengan teknologi konservasi air memberikan hasil maksimal.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat konsep *climate-smart agriculture*, khususnya dalam aspek efisiensi penggunaan sumber daya air dan peningkatan produktivitas tanaman hortikultura yang berkelanjutan (Hatfield & Dold, 2019). Temuan ini juga mendukung teori bahwa intervensi teknologi sederhana seperti mulsa dapat memitigasi dampak cekaman air pada tanaman melalui perbaikan kondisi iklim mikro tanah (Kader et al., 2017). Selain itu, pendekatan adaptif terhadap perubahan iklim melalui efisiensi air menjadi strategi penting dalam menjaga stabilitas produksi pertanian (FAO, 2019). Penggunaan teknologi konservasi seperti mulsa juga terbukti mampu

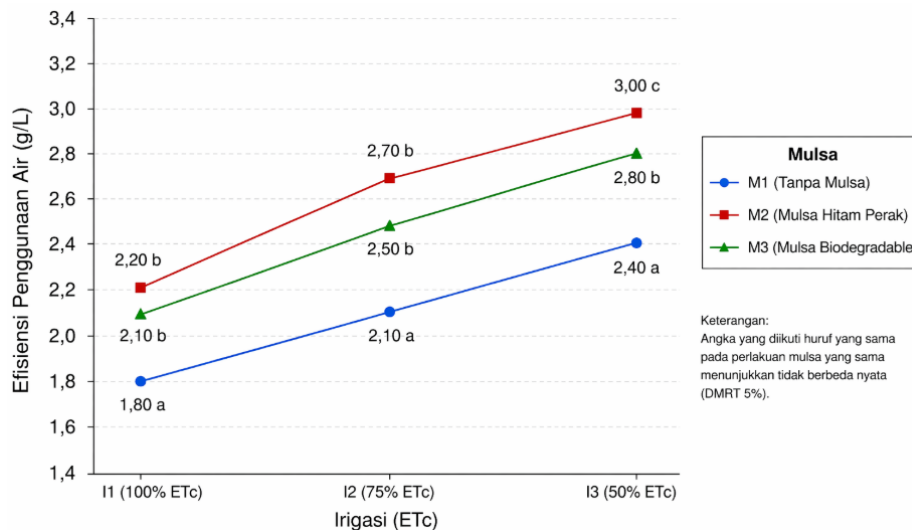
meningkatkan retensi air tanah dan efisiensi penggunaan air dalam berbagai sistem budidaya (Blanco-Canqui, 2017).

Secara praktis, penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat direkomendasikan kepada petani sebagai teknologi yang relatif mudah diterapkan dan terbukti meningkatkan hasil produksi melalui peningkatan kelembaban dan suhu tanah (Kasirajan & Ngouajio, 2017). Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengurangan irigasi hingga 75% ETc masih dapat dipertimbangkan sebagai alternatif untuk menghemat air tanpa penurunan produksi yang terlalu signifikan, terutama jika dikombinasikan dengan penggunaan mulsa (Feres & Soriano, 2017). Efisiensi ini penting dalam mendukung pengelolaan air yang lebih berkelanjutan di sektor pertanian (Li et al., 2020). Implikasi ini sangat relevan dalam konteks perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya air, terutama di daerah pertanian yang rentan terhadap kekeringan (Geerts & Raes, 2019).

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa irigasi tetes dan penggunaan mulsa plastik dapat meningkatkan produktivitas tanaman hortikultura melalui peningkatan efisiensi penggunaan air (Kang et al., 2017). Penelitian terdahulu melaporkan bahwa mulsa plastik mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen melalui pengurangan kehilangan air akibat evaporasi (Zribi et al., 2017). Selain itu, beberapa penelitian juga menemukan bahwa irigasi defisit moderat (sekitar 70–80% ETc) masih mampu mempertahankan hasil yang relatif tinggi dibandingkan irigasi penuh, terutama jika dikombinasikan dengan teknik konservasi tanah seperti mulsa (Geerts & Raes, 2019). Hal ini konsisten dengan temuan pada perlakuan I2M2 yang menunjukkan hasil cukup tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Namun demikian, pada tingkat defisit yang lebih tinggi (50% ETc), terjadi penurunan produksi yang signifikan akibat meningkatnya stres fisiologis tanaman, sebagaimana juga dilaporkan dalam berbagai studi sebelumnya (Farooq et al., 2017).

2. Efisiensi Penggunaan Air (g/L atau kg/m³)

Gambar 2 menunjukkan efisiensi penggunaan air (g/L) pada tanaman cabai merah akibat perlakuan irigasi tetes dan penggunaan berbagai jenis mulsa, yang mencerminkan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan air secara optimal.



Gambar 2. Efisiensi Penggunaan Air Cabai Merah (g/L)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan air (Water Use Efficiency/WUE) meningkat seiring dengan penurunan tingkat irigasi pada semua perlakuan mulsa. Nilai efisiensi

terendah diperoleh pada kombinasi I1M1 (100% ETc tanpa mulsa) sebesar 1,80 g/L, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada kombinasi I3M2 (50% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) sebesar 3,00 g/L. Pada perlakuan irigasi optimal (I1), nilai WUE masing-masing adalah 1,80 g/L (M1), 2,20 g/L (M2), dan 2,10 g/L (M3). Pada tingkat irigasi 75% ETc (I2), nilai meningkat menjadi 2,10 g/L (M1), 2,70 g/L (M2), dan 2,50 g/L (M3). Sementara itu, pada irigasi defisit tinggi (I3), nilai WUE mencapai 2,40 g/L (M1), 3,00 g/L (M2), dan 2,80 g/L (M3). Pola grafik menunjukkan tren peningkatan efisiensi air pada semua jenis mulsa seiring berkurangnya jumlah air yang diberikan. Selain itu, mulsa plastik hitam perak (M2) secara konsisten menghasilkan nilai WUE tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada setiap tingkat irigasi.

Peningkatan efisiensi penggunaan air pada kondisi irigasi defisit menunjukkan bahwa tanaman mampu memanfaatkan air secara lebih efisien ketika ketersediaan air terbatas. Hal ini berkaitan dengan mekanisme adaptasi tanaman terhadap cekaman air, seperti pengurangan laju transpirasi dan peningkatan efisiensi fotosintesis relatif terhadap air yang tersedia. Penggunaan mulsa plastik hitam perak memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan WUE karena kemampuannya dalam menekan evaporasi langsung dari permukaan tanah. Dengan berkurangnya kehilangan air, lebih banyak air tersedia bagi tanaman untuk proses fisiologis, sehingga rasio hasil terhadap penggunaan air meningkat. Grafik interaksi menunjukkan bahwa garis antar perlakuan tidak sejajar, yang mengindikasikan adanya interaksi antara faktor irigasi dan mulsa terhadap efisiensi penggunaan air. Efektivitas mulsa dalam meningkatkan efisiensi air menjadi semakin signifikan pada kondisi defisit air, khususnya pada perlakuan I3. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi mulsa menjadi semakin penting dalam kondisi keterbatasan air.

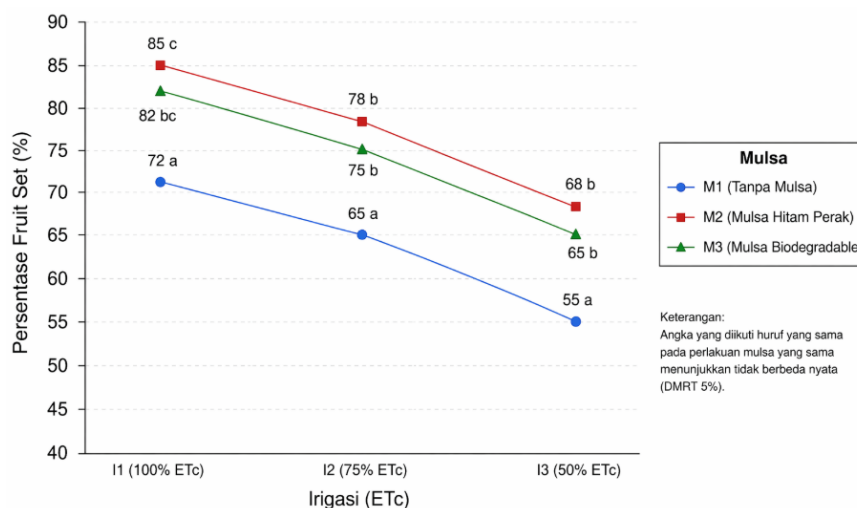
Hasil ini memperkuat konsep efisiensi sumber daya dalam pertanian berkelanjutan, khususnya dalam kerangka *water-saving agriculture* dan *climate-smart agriculture* yang menekankan optimalisasi penggunaan air tanpa menurunkan produktivitas (Hatfield & Dold, 2019). Temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan air yang tepat, dikombinasikan dengan teknologi konservasi seperti mulsa, dapat meningkatkan efisiensi tanpa harus meningkatkan input air karena mampu menekan kehilangan air melalui evaporasi (Kader et al., 2017). Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan rekomendasi penting bagi petani, terutama di daerah dengan keterbatasan air, bahwa penggunaan irigasi defisit (misalnya 75% ETc) yang dikombinasikan dengan mulsa plastik hitam perak dapat menjadi strategi optimal (Feres & Soriano, 2017). Bahkan pada kondisi irigasi 50% ETc, efisiensi penggunaan air tetap tinggi meskipun terdapat potensi penurunan hasil, sehingga perlu pengelolaan yang tepat (Geerts & Raes, 2019). Implikasi ini sangat relevan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, di mana ketersediaan air semakin tidak menentu dan membutuhkan pendekatan adaptif berbasis efisiensi sumber daya (Rockström et al., 2017).

Hasil penelitian ini konsisten dengan berbagai studi sebelumnya yang melaporkan bahwa irigasi defisit dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman hortikultura melalui peningkatan rasio hasil terhadap air (Kang et al., 2017). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengurangan volume air irigasi sering kali meningkatkan efisiensi penggunaan air meskipun total hasil dapat mengalami sedikit penurunan (Feres & Soriano, 2017). Selain itu, penggunaan mulsa plastik telah banyak dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi air melalui pengurangan evaporasi dan peningkatan kelembaban tanah (Zribi et al., 2017). Temuan bahwa mulsa plastik hitam perak memberikan hasil terbaik juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa jenis mulsa ini memiliki kemampuan reflektif dan termal yang optimal dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Kasirajan & Ngouajio, 2017). Namun demikian, beberapa studi juga menekankan bahwa

peningkatan efisiensi air harus diimbangi dengan pertimbangan produktivitas total karena efisiensi tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan hasil absolut (Blum, 2017).

3. Persentase Fruit Set (%)

Gambar 3 menunjukkan persentase fruit set cabai merah (%) pada berbagai kombinasi perlakuan irigasi tetes dan jenis mulsa, yang menggambarkan keberhasilan pembentukan buah dari bunga pada kondisi ketersediaan air yang berbeda.



Gambar 3. Persentase Fruit Set Cabai Merah (%)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase fruit set cabai merah dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan irigasi dan penggunaan mulsa. Nilai fruit set tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan I1M2 (100% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) sebesar 85%, diikuti oleh I1M3 sebesar 82% dan I1M1 sebesar 72%. Pada perlakuan irigasi 75% ETc (I2), nilai fruit set mengalami penurunan, masing-masing sebesar 78% (M2), 75% (M3), dan 65% (M1). Penurunan yang lebih signifikan terjadi pada perlakuan I3 (50% ETc), dengan nilai 68% (M2), 65% (M3), dan 55% (M1). Secara umum, terdapat pola penurunan persentase fruit set seiring dengan berkurangnya ketersediaan air. Namun, penggunaan mulsa mampu meningkatkan fruit set pada semua tingkat irigasi. Mulsa plastik hitam perak (M2) secara konsisten menunjukkan nilai tertinggi, diikuti oleh mulsa biodegradable (M3), dan tanpa mulsa (M1) sebagai yang terendah.

Persentase fruit set merupakan indikator penting yang mencerminkan keberhasilan proses reproduksi tanaman, khususnya konversi bunga menjadi buah. Penurunan fruit set pada kondisi defisit air (I2 dan I3) menunjukkan bahwa cekaman air berdampak langsung pada proses fisiologis tanaman, seperti penyerbukan, pembuahan, dan perkembangan buah. Ketersediaan air yang cukup pada perlakuan I1 mendukung aktivitas fisiologis optimal, termasuk pembukaan stomata, transportasi nutrisi, serta stabilitas hormon tanaman yang berperan dalam pembentukan buah. Sebaliknya, pada kondisi kekurangan air, tanaman cenderung mengalami gugur bunga (flower drop) sehingga menurunkan persentase fruit set.

Peran mulsa dalam meningkatkan fruit set berkaitan dengan kemampuannya menjaga kelembaban tanah dan mengurangi fluktuasi suhu. Mulsa plastik hitam perak juga memiliki efek reflektif yang dapat meningkatkan intensitas cahaya pada bagian bawah kanopi, sehingga mendukung fotosintesis dan pembentukan bunga yang lebih stabil. Grafik interaksi menunjukkan adanya

hubungan yang tidak sejajar antar garis perlakuan, yang mengindikasikan adanya interaksi antara irigasi dan mulsa. Efektivitas mulsa dalam meningkatkan fruit set menjadi lebih nyata pada kondisi cekaman air, terutama pada perlakuan I3.

Hasil ini memperkuat konsep bahwa keberhasilan reproduksi tanaman sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, khususnya ketersediaan air yang berperan penting dalam proses pembungaan dan pembentukan buah (Farooq et al., 2017). Temuan ini juga mendukung pendekatan *climate-smart agriculture*, di mana teknologi sederhana seperti mulsa dapat digunakan untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap hasil tanaman melalui perbaikan kondisi mikroklimat (Hatfield & Dold, 2019). Secara praktis, penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat direkomendasikan sebagai strategi untuk meningkatkan keberhasilan pembentukan buah karena mampu menjaga kelembaban tanah dan suhu yang optimal (Kasirajan & Ngouajio, 2017). Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa irigasi pada tingkat 75% ETc masih mampu mempertahankan *fruit set* yang relatif tinggi, sehingga dapat menjadi alternatif dalam pengelolaan air yang lebih efisien (Geerts & Raes, 2019). Bagi petani, informasi ini sangat penting karena *fruit set* berkaitan langsung dengan jumlah buah yang dihasilkan dan berpengaruh terhadap produktivitas serta pendapatan (Sharma et al., 2018).

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa cekaman air dapat menurunkan persentase *fruit set* pada tanaman hortikultura akibat gangguan fisiologis tanaman (Blum, 2017). Studi terdahulu menunjukkan bahwa kekurangan air dapat menyebabkan gangguan pada proses penyerbukan dan pembuahan, sehingga meningkatkan tingkat keguguran bunga (Farooq et al., 2017). Selain itu, penggunaan mulsa plastik telah terbukti mampu meningkatkan kondisi mikroklimat tanah yang berdampak positif terhadap pembentukan buah dan perkembangan tanaman (Zribi et al., 2017). Penelitian lain juga melaporkan bahwa mulsa plastik hitam perak lebih efektif dibandingkan jenis mulsa lainnya dalam meningkatkan *fruit set* dan hasil tanaman karena sifat reflektif dan termalnya (Kasirajan & Ngouajio, 2017). Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas mulsa dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis tanaman, sehingga perlu penyesuaian dalam penerapannya (Kader et al., 2017).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi irigasi tetes dan penggunaan mulsa berpengaruh signifikan terhadap produktivitas, efisiensi penggunaan air, dan persentase fruit set cabai merah (*Capsicum annuum* L.) pada kondisi variabilitas iklim. Produksi buah tertinggi diperoleh pada perlakuan I1M2 (100% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) sebesar 520 g/tanaman, diikuti oleh I1M3 (500 g/tanaman) dan I1M1 (450 g/tanaman). Sebaliknya, penurunan tingkat irigasi menyebabkan penurunan produksi, dengan nilai terendah pada I3M1 sebesar 320 g/tanaman. Efisiensi penggunaan air menunjukkan pola yang berlawanan dengan produksi. Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada perlakuan I3M2 (50% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) sebesar 3,00 g/L, sedangkan nilai terendah terdapat pada I1M1 sebesar 1,80 g/L. Hal ini menunjukkan adanya trade-off antara pencapaian hasil maksimum dan efisiensi penggunaan air. Persentase fruit set juga mengikuti pola produksi, dengan nilai tertinggi pada I1M2 sebesar 85% dan terendah pada I3M1 sebesar 55%, yang mengindikasikan bahwa proses reproduksi tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air.

Secara keseluruhan, penggunaan mulsa plastik hitam perak (M2) secara konsisten meningkatkan kinerja tanaman pada semua parameter yang diamati. Kombinasi perlakuan I2M2 (75% ETc dengan mulsa plastik hitam perak) menjadi strategi paling optimal karena mampu menghasilkan produksi yang relatif tinggi (480 g/tanaman), efisiensi penggunaan air yang baik (2,70 g/L), serta fruit set yang

stabil (78%). Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan konsep pertanian cerdas iklim (*climate-smart agriculture*), khususnya dalam pengelolaan air yang efisien pada sistem budidaya hortikultura. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar rekomendasi bagi petani untuk mengoptimalkan penggunaan air tanpa menurunkan hasil secara signifikan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji aspek kualitas buah, analisis ekonomi usahatani, serta uji multilokasi guna meningkatkan validitas dan penerapan hasil secara lebih luas.

Daftar Pustaka

- Blanco-Canqui, H. (2017). Mulching impacts on soil and water conservation. *Soil and Tillage Research*, 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant, Cell & Environment*, 40(1), 4–10. <https://doi.org/10.1111/pce.12800>
- Food and Agriculture Organization. (2019). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2017). Drought stress in plants: An overview. In *Plant responses to drought stress* (pp. 1–33). https://doi.org/10.1007/978-3-319-28899-4_1
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2017). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), 607–617. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw464>
- Geerts, S., & Raes, D. (2019). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity. *Agricultural Water Management*, 96(9), 1275–1284. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009>
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hatfield, J. L., & Dold, C. (2019). Water-use efficiency: Advances and challenges. *Agronomy Journal*, 111(6), 1–13. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0598>
- Jones, H. G. (2018). Irrigation scheduling: Advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2427–2436. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh213>
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Kang, S., Hao, X., Du, T., Tong, L., Su, X., Lu, H., & Li, X. (2017). Improving agricultural water productivity to ensure food security in China under changing environment. *Agricultural Water Management*, 179, 5–12. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.022>
- Kasirajan, S., & Ngouajio, M. (2017). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 501–529. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3>
- Kumar, S., Dey, P., & Singh, R. (2017). Drip irrigation and mulching: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 1456–1465. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.606.171>
- Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, 84–87. <https://doi.org/10.1038/nature16467>
- Li, R., Hou, X., Jia, Z., Han, Q., Yang, B., & Chen, X. (2018). Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 201, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.016>

- Li, Y., Niu, W., Dyck, M., Wang, J., & Zou, X. (2020). Yields and water use efficiency of crops under alternate irrigation. *Agricultural Water Management*, 241, 106358. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106358>
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., & Falkenmark, M. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- Sari, R., Suryadi, A., & Prasetyo, T. (2020). Economic analysis of chili farming in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458, 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012020>
- Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S. K., Sidhu, G. P. S., Bali, A. S., & Bhardwaj, R. (2018). Phytohormones regulate fruit set and development. *Plant Growth Regulation*, 85, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10725-018-0384-8>
- Sintim, H. Y., & Flury, M. (2017). Is biodegradable plastic mulch the solution to agricultural plastic pollution? *Environmental Science & Technology*, 51(3), 1068–1069. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06042>
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., & Schaumann, G. E. (2019). Plastic mulching in agriculture: Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of the Total Environment*, 550, 690–705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153>
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yunianti, R. (2018). *Teknik pemuliaan tanaman cabai*. IPB Press. <https://doi.org/10.29244/ipbpress.2018.45>
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
- Zribi, W., Aragüés, R., Medina, E., & Faci, J. M. (2017). Efficiency of inorganic and organic mulching materials. *Agricultural Water Management*, 123, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.011>