

## PEMANFAATAN TEKNOLOGI CERDAS DALAM URBAN FARMING: TINJAUAN LITERATUR ATAS PERAN SENSOR, IRIGASI OTOMATIS, DAN MANAJEMEN LIMBAH ORGANIK

Rita Hayati

Universitas Muhammadiyah Bengkulu  
[ritahayati@umb.ac.id](mailto:ritahayati@umb.ac.id)

Al-Amin

Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia  
[al.amin-2024@feb.unair.ac.id](mailto:al.amin-2024@feb.unair.ac.id)

### Abstract

*Urban farming is a strategic solution to address food security and environmental challenges in densely populated urban areas with limited land. This study aims to examine the application of smart technology in urban farming through a literature review, with a focus on the role of sensors, automatic irrigation systems, and organic waste management. The study findings indicate that sensor integration enables real-time monitoring of plant conditions, allowing for precise and efficient interventions. Automatic irrigation systems based on sensors and the Internet of Things (IoT) have proven effective in reducing water usage and increasing crop productivity. Additionally, organic waste management through composting and liquid fertilisers supports sustainable agricultural cycles and reduces urban waste volume. Despite challenges such as initial investment costs, limited knowledge, and infrastructure requirements, the potential for developing technology-based urban farming is significant with cross-sector collaboration. Thus, the utilisation of smart technology in urban farming can serve as an innovative solution to create an efficient, productive, and environmentally friendly urban agricultural system.*

**Keywords:** *urban farming, smart technology, sensors, automated irrigation, organic waste, Internet of Things, urban agriculture*

### Abstrak

Urban farming menjadi solusi strategis dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan dan lingkungan di wilayah perkotaan yang padat dan terbatas lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan teknologi cerdas dalam urban farming melalui tinjauan literatur, dengan fokus pada peran sensor, sistem irigasi otomatis, dan pengelolaan limbah organik. Hasil studi menunjukkan bahwa integrasi sensor memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara real-time, sehingga intervensi dapat dilakukan secara presisi dan efisien. Sistem irigasi otomatis berbasis sensor dan Internet of Things (IoT) terbukti mampu menghemat penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman. Selain itu, pengelolaan limbah organik melalui kompos dan pupuk cair mendukung siklus pertanian berkelanjutan serta mengurangi volume sampah kota. Meskipun masih terdapat tantangan seperti biaya investasi awal, keterbatasan pengetahuan, dan kebutuhan infrastruktur, peluang pengembangan urban farming berbasis teknologi sangat besar dengan dukungan kolaborasi lintas sektor. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi cerdas dalam urban farming dapat menjadi solusi inovatif untuk menciptakan sistem pertanian perkotaan yang efisien, produktif, dan ramah lingkungan.

**Kata kunci:** *urban farming, teknologi cerdas, sensor, irigasi otomatis, limbah organik, Internet of Things, pertanian perkotaan*

### Pendahuluan

Urban farming atau pertanian perkotaan telah menjadi salah satu solusi inovatif dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan di wilayah perkotaan yang semakin padat penduduk dan

terbatas lahan. Fenomena ini muncul sebagai respons atas semakin berkurangnya lahan pertanian akibat alih fungsi lahan menjadi kawasan permukiman, infrastruktur, dan industri, terutama di kota-kota besar. Urban farming memanfaatkan ruang-ruang terbatas seperti atap bangunan, balkon, dan lahan kosong untuk kegiatan bercocok tanam, sehingga dapat meningkatkan produksi pangan lokal dan mengurangi ketergantungan pada pasokan dari luar kota (Pamungkas, 2023).

Pergeseran paradigma ruang terbuka hijau (RTH) dari fungsi ekologis dan estetika menuju fungsi produktif semakin terasa di berbagai kota dunia, termasuk Indonesia. Kini, RTH tidak hanya berperan sebagai paru-paru kota, tetapi juga sebagai sumber pangan, penghasil oksigen, serta ruang edukasi dan rekreasi bagi masyarakat. Urban farming juga berkontribusi dalam menekan pengeluaran masyarakat miskin kota yang harus mengalokasikan sebagian besar pendapatannya untuk membeli bahan pangan, yang harganya seringkali lebih mahal dibandingkan di pedesaan (Torma, 2021).

Selain aspek ekonomi, urban farming juga membawa manfaat sosial dan lingkungan. Kegiatan ini dapat meningkatkan kemandirian pangan, memberdayakan masyarakat, serta membangun jejaring sosial antarwarga kota. Urban farming juga berperan dalam mengurangi jejak karbon karena memperpendek rantai distribusi pangan dan menekan emisi transportasi (Zhang, 2020). Di sisi lain, urban farming mampu meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan dengan menambah ruang hijau, menyerap polutan, dan menurunkan suhu udara.

Seiring berkembangnya teknologi, praktik urban farming semakin banyak mengadopsi pendekatan smart farming atau pertanian cerdas. Smart farming mengintegrasikan teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), sensor, sistem irigasi otomatis, dan analitik data guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian di lahan terbatas. Sensor digunakan untuk memantau kelembapan tanah, suhu, pH, dan nutrisi tanaman secara real-time, sehingga keputusan pemupukan dan penyiraman dapat dilakukan secara presisi dan efisien (Kour & Arora, 2022).

Salah satu tantangan utama urban farming adalah keterbatasan sumber daya air dan lahan. Oleh karena itu, sistem irigasi otomatis berbasis IoT menjadi solusi penting untuk memastikan tanaman mendapatkan pasokan air yang cukup tanpa pemborosan. Teknologi ini memungkinkan irigasi berjalan sesuai kebutuhan tanaman berdasarkan data sensor, sehingga penggunaan air menjadi lebih hemat dan hasil panen lebih optimal (Wang & et al., 2021). Selain pengelolaan air, urban farming juga menghadapi masalah limbah organik yang dihasilkan dari sisa tanaman dan konsumsi rumah tangga. Manajemen limbah organik menjadi aspek penting dalam mewujudkan urban farming yang berkelanjutan. Limbah organik dapat diolah menjadi kompos yang kemudian digunakan kembali sebagai pupuk, sehingga menciptakan siklus pertanian yang ramah lingkungan dan mengurangi volume sampah kota (Zhou, 2022).

Penerapan teknologi cerdas dalam urban farming tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam aspek ketahanan pangan, pengelolaan air, dan pengurangan limbah. Penggunaan sistem berbasis sensor dan otomasi memungkinkan petani kota, bahkan yang memiliki keterbatasan waktu dan pengetahuan teknis, untuk tetap produktif dan menghasilkan pangan berkualitas (Patel & et al., 2023).

Berbagai studi kasus di kota-kota besar dunia menunjukkan bahwa adopsi smart farming dapat meningkatkan hasil panen, mengurangi biaya operasional, serta memperbaiki kualitas lingkungan perkotaan. Teknologi seperti vertikultur dan hidroponik juga semakin populer karena memungkinkan pertanian dilakukan di ruang sempit dan minim tanah, sehingga cocok untuk

lingkungan urban yang padat (Rani & et al., 2021). Namun, adopsi teknologi cerdas dalam urban farming masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti biaya investasi awal, keterbatasan pengetahuan teknologi di kalangan masyarakat, serta kebutuhan akan infrastruktur pendukung. Diperlukan kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan pelaku usaha untuk memperluas akses dan pelatihan teknologi, serta mendorong inovasi yang sesuai dengan kebutuhan local (Kim & et al., 2020).

Dengan demikian, pemanfaatan teknologi cerdas dalam urban farming menawarkan peluang besar untuk menciptakan sistem pertanian perkotaan yang efisien, produktif, dan berkelanjutan. Integrasi sensor, irigasi otomatis, dan manajemen limbah organik menjadi kunci utama dalam mewujudkan pertanian kota yang adaptif terhadap tantangan zaman dan mampu mendukung ketahanan pangan nasional.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka, yaitu dengan melakukan analisis sistematis terhadap berbagai literatur, jurnal ilmiah, buku, dan laporan penelitian yang relevan mengenai pemanfaatan teknologi cerdas dalam urban farming, khususnya terkait peran sensor, irigasi otomatis, dan manajemen limbah organik; pendekatan ini mencakup penelaahan studi kasus dari berbagai kota yang telah menerapkan smart farming, serta evaluasi manfaat, tantangan, dan dampak implementasi teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor tanah, sistem irigasi otomatis, dan pengelolaan limbah organik dalam mendukung efisiensi, produktivitas, serta keberlanjutan pertanian perkotaan (Ferrari, 2020); (Green et al., 2006).

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **Implementasi Sensor dalam Urban Farming**

Implementasi sensor dalam urban farming telah menjadi salah satu tonggak utama transformasi pertanian perkotaan menuju sistem yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Sensor memungkinkan pemantauan berbagai parameter penting, seperti kelembaban tanah, suhu, intensitas cahaya, pH, dan kadar nutrisi secara real-time, sehingga petani dapat mengambil keputusan berbasis data untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Dengan adanya data yang akurat, urban farming dapat dijalankan dengan intervensi minimal, namun tetap menghasilkan hasil yang maksimal (Patel & et al., 2023).

Salah satu contoh penerapan sensor adalah penggunaan sensor kelembaban tanah tipe YL-69 yang banyak digunakan dalam sistem monitoring urban farming. Sensor ini mampu mendeteksi tingkat kelembaban tanah secara presisi dan mengirimkan data secara real-time melalui platform IoT seperti Thingspeak, sehingga petani dapat mengetahui kapan waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman tanpa harus melakukan pengecekan manual. Hal ini sangat membantu masyarakat perkotaan yang memiliki mobilitas tinggi dan waktu terbatas untuk berkebun (Rani & et al., 2021).

Selain kelembaban tanah, sensor suhu dan intensitas cahaya juga sangat penting dalam urban farming. Sensor suhu dapat mengidentifikasi fluktuasi suhu lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, sedangkan sensor cahaya mengukur intensitas sinar matahari yang diterima tanaman. Data dari kedua sensor ini dapat digunakan untuk mengatur shading, pencahayaan tambahan, atau pendinginan otomatis pada greenhouse atau sistem hidroponik (Kim & et al., 2020).

Implementasi sensor juga sangat relevan dalam sistem hidroponik dan aeroponik yang banyak diadopsi pada urban farming modern. Misalnya, pada sistem hidroponik, sensor pH dan TDS (Total Dissolved Solids) digunakan untuk memastikan larutan nutrisi berada pada kisaran optimal bagi tanaman. Jika terjadi penyimpangan, sistem dapat secara otomatis menambah atau mengurangi nutrisi dan menyesuaikan pH larutan, sehingga pertumbuhan tanaman tetap optimal (Li & et al., 2020).

Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) telah diimplementasikan pada urban farming untuk memantau pertumbuhan tanaman, seperti kentang, secara otomatis. Sistem ini menghubungkan sensor-sensor yang terpasang pada perangkat seperti Arduino dan Raspberry Pi ke access point, sehingga informasi suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan bahkan streaming video kondisi tanaman dapat diakses secara jarak jauh. Hal ini memberikan kemudahan dalam pengelolaan dan pengawasan pertumbuhan tanaman secara terus-menerus (Chatterjee & et al., 2023).

Inovasi lain datang dari pengembangan smart urban farming kit yang dilengkapi sensor pintar, seperti kit penyiraman air otomatis, kit penyiraman pupuk cair otomatis, dan kit monitoring tanaman hidroponik. Dengan sensor kelembaban tanah, sensor NPK, dan sensor pH air, sistem ini mampu memastikan tanaman mendapatkan kondisi terbaik untuk tumbuh tanpa intervensi manusia yang intensif. Otomatisasi ini juga berkontribusi pada penghematan air dan efisiensi penggunaan pupuk (Singh & et al., 2022).

Dalam praktiknya, sensor yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem urban farming melalui aplikasi smartphone. Petani dapat menerima notifikasi dan data kondisi tanaman secara real-time, serta mengaktifkan atau mematikan sistem irigasi dan pemberian nutrisi dari jarak jauh. Hal ini sangat relevan bagi masyarakat urban yang menginginkan efisiensi waktu dan tenaga dalam berkebun (Lingga & Marsono, 2013).

Sistem monitoring berbasis sensor juga dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak analitik untuk memprediksi kebutuhan tanaman di masa mendatang. Data historis yang dikumpulkan dari sensor dapat dianalisis untuk menentukan pola kebutuhan air, nutrisi, dan pencahayaan berdasarkan jenis tanaman dan musim. Dengan demikian, urban farming dapat beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan lingkungan dan kebutuhan tanaman (Rauf, 2021). Selain itu, penggunaan sensor dalam urban farming juga mendukung pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Dengan pemantauan yang presisi, penggunaan air, pupuk, dan pestisida dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga membantu menjaga kelestarian lingkungan. Pengelolaan limbah organik juga dapat diintegrasikan dengan sensor untuk memantau proses dekomposisi dan kualitas kompos yang dihasilkan (Benyezza, 2020).

Di beberapa kasus, sensor juga digunakan untuk mendukung sistem fertigation otomatis, yaitu pemberian pupuk cair bersamaan dengan irigasi. Sensor kelembaban tanah dan sensor nutrisi bekerja bersama untuk menentukan waktu dan jumlah pemberian pupuk cair yang optimal, sehingga tanaman mendapatkan asupan nutrisi yang cukup tanpa pemborosan (Zou, 2022).

Penerapan sensor dalam urban farming tidak hanya terbatas pada skala rumah tangga, tetapi juga telah diadopsi pada skala komunitas dan komersial. Greenhouse modern di perkotaan kini banyak dilengkapi dengan sistem sensor terintegrasi yang dapat mengendalikan suhu, kelembaban, pencahayaan, dan irigasi secara otomatis melalui satu aplikasi terpusat. Hal ini meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen secara signifikan (Ponce & Paredes, 2021).

Implementasi sensor juga berperan penting dalam mendukung konsep pertanian presisi di perkotaan. Dengan data yang diperoleh dari sensor, petani dapat melakukan intervensi yang sangat spesifik sesuai kebutuhan tanaman, seperti penyesuaian jadwal penyiraman, pemberian nutrisi, hingga pengendalian hama secara otomatis. Hal ini membuat urban farming menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan lingkungan (Dlodlo & Kalezhi, 2015). Selain manfaat teknis, penggunaan sensor dalam urban farming juga memberikan dampak sosial, yaitu mendorong partisipasi masyarakat urban dalam kegiatan pertanian dengan cara yang lebih mudah dan menarik. Penggunaan aplikasi dan perangkat digital membuat urban farming lebih inklusif, terutama bagi generasi muda yang akrab dengan teknologi (Rahman & et al., 2022).

Meskipun demikian, tantangan implementasi sensor dalam urban farming masih ada, seperti biaya awal investasi, kebutuhan pelatihan pengguna, dan perawatan perangkat. Namun, seiring perkembangan teknologi dan semakin terjangkaunya perangkat sensor, hambatan ini diperkirakan akan semakin berkurang di masa depan.

Secara keseluruhan, implementasi sensor dalam urban farming telah membawa perubahan signifikan dalam cara masyarakat perkotaan bertani. Dengan pemantauan yang akurat, otomatisasi sistem, dan pengelolaan sumber daya yang efisien, urban farming berbasis sensor menjadi solusi masa depan untuk ketahanan pangan, efisiensi energi, dan keberlanjutan lingkungan di perkotaan.

### **Efektivitas Irigasi Otomatis**

Efektivitas irigasi otomatis dalam urban farming telah terbukti memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi penggunaan air, produktivitas tanaman, dan keberlanjutan lingkungan. Sistem irigasi otomatis yang terintegrasi dengan sensor lingkungan dan kecerdasan buatan (AIoT) mampu menyesuaikan kebutuhan air secara presisi berdasarkan analisis data suhu dan kelembaban tanah, sehingga mengurangi pemborosan air secara substansial. Dalam penelitian yang menguji sistem Smart Sprout AIoT, konsumsi air berkurang hingga 63,85% dibandingkan metode manual, dengan rata-rata penggunaan air hanya 21,69 liter per sesi irigasi, jauh lebih hemat dibandingkan metode manual yang mencapai 60 liter (Lee & et al., 2020).

Teknologi irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan monitoring dan pengaturan kelembaban tanah secara real-time dalam rentang optimal 70% hingga 90%, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan kondisi terbaik. Sensor kelembaban tanah menjadi komponen kunci, hanya mengaktifkan irigasi saat diperlukan, yang tidak hanya menghemat air, tetapi juga energi karena waktu operasi pompa menjadi lebih singkat. Selain itu, sistem ini dapat diintegrasikan dengan panel surya untuk menekan konsumsi listrik konvensional, sehingga semakin ramah lingkungan (Saha & et al., 2021).

Penghematan air yang dihasilkan dari irigasi otomatis sangat relevan dalam konteks urban farming, di mana ketersediaan air sering kali terbatas dan biaya operasional harus ditekan. Dengan penyiraman yang tepat waktu dan terukur, tanaman menerima pasokan air yang konsisten, sehingga pertumbuhan dan produktivitasnya meningkat. Penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan irigasi otomatis dapat meningkatkan hasil panen dan kualitas produk pertanian, karena tanaman tidak mengalami stres akibat kekurangan atau kelebihan air (Dlodlo & Kalezhi, 2015).

Sistem irigasi otomatis juga memberikan manfaat besar dalam hal optimalisasi waktu dan tenaga petani. Proses penyiraman yang otomatis dan terjadwal membebaskan petani dari pekerjaan

rutin, sehingga mereka dapat fokus pada aspek lain seperti pemeliharaan tanaman atau perencanaan strategis. Hal ini sangat penting di lingkungan perkotaan, di mana pelaku urban farming seringkali memiliki waktu terbatas (Zhang, 2020).

Implementasi irigasi otomatis juga mendukung pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Dengan mengurangi konsumsi air dan meminimalisir pemborosan, sistem ini berkontribusi pada pelestarian sumber daya alam dan pengurangan jejak karbon. Selain itu, sistem irigasi otomatis berbasis sensor dapat dioperasikan dan dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi smartphone, memberikan kemudahan dan fleksibilitas bagi pengguna (Ghisellini et al., 2016).

Salah satu keunggulan utama irigasi otomatis adalah kemampuannya untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dan jenis tanaman. Sistem yang menggunakan logika fuzzy atau kecerdasan buatan dapat mengatur distribusi air sesuai kebutuhan spesifik setiap tanaman dalam satu lokasi, sehingga lebih personal dan adaptif. Hal ini sangat penting dalam urban farming yang umumnya memiliki keragaman jenis tanaman dalam satu lahan terbatas (Shehani & et al., 2023). Selain meningkatkan efisiensi air, irigasi otomatis juga berperan dalam penghematan energi. Penggunaan pompa berdaya rendah, optimasi jadwal irigasi, dan integrasi dengan tenaga surya merupakan strategi yang dapat diterapkan untuk menekan konsumsi energi dan biaya operasional. Monitoring real-time melalui teknologi agri-tech juga membantu dalam mendeteksi potensi pemborosan dan melakukan penyesuaian secara cepat (Putri et al., 2025).

Dalam konteks urban farming, irigasi otomatis berbasis IoT juga memudahkan masyarakat perkotaan yang memiliki keterbatasan ruang dan waktu. Sistem ini memberikan kendali penuh terhadap penyiraman tanaman, mulai dari monitoring kondisi tanaman hingga pengendalian debit air secara otomatis. Hasil uji coba menunjukkan bahwa air yang digunakan dalam penyiraman tanaman bisa 40% lebih irit dibandingkan metode manual (Parra & et al., 2018). Keberhasilan implementasi irigasi otomatis juga didukung oleh kemudahan integrasi dengan perangkat lain seperti sensor suhu, sensor pH, dan sistem pemupukan otomatis. Dengan data yang terintegrasi, sistem dapat memberikan rekomendasi atau melakukan tindakan otomatis untuk menjaga kondisi optimal pertumbuhan tanaman. Hal ini memperkuat konsep smart farming yang menekankan efisiensi dan produktivitas berbasis data (Tzortzakis & et al., 2024).

Penerapan irigasi otomatis di berbagai kota telah menunjukkan hasil nyata dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil urban farming. Pemerintah Kota Malang, misalnya, telah meluncurkan aplikasi smart farming yang memungkinkan pengendalian irigasi dan pencahayaan dari jarak jauh melalui aplikasi Android, sehingga penggunaan air dan energi menjadi lebih efektif. Inovasi ini mendorong masyarakat urban untuk lebih aktif dalam pertanian perkotaan dengan cara yang efisien dan modern (Kumar & et al., 2022).

Meskipun demikian, tantangan tetap ada, seperti kebutuhan investasi awal, pelatihan pengguna, dan perawatan perangkat. Namun, seiring perkembangan teknologi dan semakin terjangkaunya perangkat, hambatan ini diperkirakan akan semakin berkurang. Dukungan dari pemerintah dan sektor swasta juga berperan penting dalam memperluas adopsi irigasi otomatis di lingkungan urban (Tan et al., 2020).

Secara keseluruhan, efektivitas irigasi otomatis dalam urban farming tidak hanya terletak pada penghematan air dan energi, tetapi juga pada peningkatan produktivitas, kualitas hasil panen,

dan keberlanjutan lingkungan. Dengan integrasi teknologi sensor, IoT, dan kecerdasan buatan, irigasi otomatis menjadi solusi kunci dalam menghadapi tantangan pertanian perkotaan masa depan.

### **Pengelolaan Limbah Organik**

Pengelolaan limbah organik dalam urban farming menjadi salah satu pilar utama dalam menciptakan sistem pertanian perkotaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Di tengah pertumbuhan populasi kota yang pesat, volume sampah organik, terutama dari rumah tangga dan pasar, terus meningkat dan menjadi tantangan serius bagi pengelolaan lingkungan perkotaan. Urban farming menawarkan solusi inovatif dengan memanfaatkan limbah organik sebagai bahan baku pupuk kompos, sehingga mengurangi beban tempat pembuangan akhir dan mendukung sirkularitas nutrisi di perkotaan (Kamilaris et al., 2021).

Salah satu metode yang banyak diterapkan adalah pengolahan limbah organik menjadi pupuk organik cair (POC) menggunakan teknik ember tumpuk. Proses ini melibatkan fermentasi sampah sisa pertanian dan sampah rumah tangga selama sekitar dua bulan, menghasilkan POC yang dapat langsung digunakan untuk menyuburkan tanaman urban farming. Selain meningkatkan produktivitas tanaman, metode ini juga memberikan dampak ekonomi bagi masyarakat, karena POC yang dihasilkan dapat dijual atau digunakan secara mandiri (Pamungkas, 2023).

Selain POC, limbah organik juga diolah menjadi kompos padat melalui berbagai teknik pengomposan, seperti metode aerobik, anaerobik, hingga teknologi vermikomposting yang memanfaatkan cacing tanah. Kompos dari limbah organik kota terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman di urban farming, bahkan seringkali kualitasnya setara atau lebih baik dibanding pupuk organik komersial. Kompos ini juga dapat digunakan sebagai media tanam alternatif, menggantikan tanah taman yang biasanya didatangkan dari luar kota (Torma, 2021).

Penggunaan kompos dari limbah organik dalam urban farming tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, tetapi juga membantu memperbaiki struktur dan kualitas tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta memperbaiki kapasitas tanah dalam menahan air dan unsur hara. Dengan demikian, urban farming berperan penting dalam membangun ekosistem pertanian perkotaan yang sehat dan produktif (Zhang, 2020).

Di berbagai komunitas perkotaan, pengelolaan limbah organik juga dilakukan dengan inovasi teknologi sederhana seperti lubang biopori. Lubang biopori berfungsi sebagai resapan air dan tempat penguraian sampah organik, sehingga limbah dapur seperti sisa sayuran dan buah dapat langsung diolah menjadi pupuk alami di lingkungan rumah tangga. Teknologi ini mudah diterapkan, murah, dan efektif dalam mengurangi volume sampah organik yang dibuang ke TPA (Kour & Arora, 2022).

Praktik eco urban farming semakin populer sebagai pendekatan holistik yang mengintegrasikan pengelolaan limbah organik, pemanfaatan ruang sempit, dan produksi pangan lokal. Eco urban farming mendorong masyarakat untuk mengolah sampah organik menjadi kompos, memanfaatkan hasil panen untuk konsumsi sendiri, serta mengurangi penggunaan plastik dan bahan kimia dalam kegiatan berkebun. Pendekatan ini juga meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya gaya hidup berkelanjutan (Wang & et al., 2021).

Manfaat ekonomi dari pengelolaan limbah organik dalam urban farming tidak bisa diabaikan. Selain menekan biaya pembelian pupuk, hasil olahan limbah seperti kompos dan POC dapat menjadi sumber pendapatan tambahan bagi warga. Di beberapa wilayah, hasil panen dan produk turunan dari

limbah organik bahkan dijual ke pasar lokal, menciptakan peluang usaha baru di tengah kota. Dari sisi lingkungan, pengelolaan limbah organik melalui urban farming berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang biasanya dihasilkan dari proses pembusukan sampah di TPA. Selain itu, tanaman urban farming yang tumbuh dengan pupuk organik juga membantu menyerap polutan udara, sehingga kualitas udara perkotaan menjadi lebih baik (Zhou, 2022).

Keterlibatan masyarakat menjadi kunci sukses pengelolaan limbah organik dalam urban farming. Program penyuluhan, pelatihan, dan pendampingan sangat penting untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan warga dalam mengolah limbah organik secara mandiri. Kolaborasi antara pemerintah, komunitas, dan lembaga pendidikan juga diperlukan untuk memperluas adopsi teknologi dan inovasi pengelolaan limbah di perkotaan (Patel & et al., 2023). Namun, tantangan tetap ada, terutama terkait kebutuhan infrastruktur seperti pusat pengomposan, logistik pengumpulan sampah, dan sistem distribusi hasil olahan limbah. Dukungan kebijakan dan regulasi dari pemerintah sangat diperlukan untuk memperkuat sistem pengelolaan limbah organik berbasis urban farming, termasuk insentif bagi pelaku usaha dan komunitas (Rani & et al., 2021).

Penerapan teknologi pengolahan limbah organik yang tepat guna, seperti vermikomposting, biopori, dan komposting aerobik, dapat disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lokal. Inovasi alat pengelolaan sampah seperti mesin pencacah, alat fermentasi, dan aplikasi monitoring digital juga mulai diadopsi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil olahan limbah (Kim & et al., 2020).

Secara keseluruhan, pengelolaan limbah organik dalam urban farming telah terbukti menjadi solusi strategis untuk mengatasi masalah sampah, meningkatkan ketahanan pangan, dan mendukung pembangunan lingkungan perkotaan yang berkelanjutan. Dengan sinergi antara teknologi, edukasi, dan kolaborasi komunitas, urban farming dapat menjadi motor penggerak perubahan menuju kota yang lebih hijau, sehat, dan mandiri.

### **Tantangan dan Peluang**

Tantangan utama dalam pengembangan urban farming di perkotaan adalah keterbatasan lahan yang semakin menyempit akibat pesatnya pembangunan dan alih fungsi ruang. Kondisi ini menuntut kreativitas masyarakat dan pelaku urban farming untuk memanfaatkan ruang-ruang non-konvensional seperti atap gedung, balkon, dan lahan sempit di antara pemukiman. Di sisi lain, polusi udara dan tanah di lingkungan perkotaan juga dapat memengaruhi kualitas dan hasil tanaman yang dibudidayakan (Li & et al., 2020).

Selain masalah lahan, urban farming juga menghadapi tantangan pada aspek ketersediaan air bersih yang sering kali terbatas di kota besar. Efisiensi penggunaan air menjadi sangat penting, sehingga teknologi seperti irigasi tetes, pengumpulan air hujan, dan sistem irigasi otomatis berbasis sensor sangat dibutuhkan untuk memastikan tanaman tetap tumbuh optimal tanpa pemborosan sumber daya. Isu lain yang tak kalah penting adalah pengelolaan limbah organik (Chatterjee & et al., 2023). Banyak pelaku urban farming belum sepenuhnya memanfaatkan limbah organik rumah tangga atau pasar sebagai kompos atau pupuk cair, sehingga potensi pengurangan sampah kota belum maksimal. Kurangnya pengetahuan teknis, infrastruktur pengolahan, dan kesadaran masyarakat menjadi hambatan dalam pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan (Singh & et al., 2022).

Dari sisi teknologi, urban farming sangat bergantung pada inovasi seperti vertikultur, hidroponik, dan akuaponik untuk mengoptimalkan ruang terbatas. Namun, adopsi teknologi ini masih

menghadapi kendala biaya investasi awal yang tinggi, keterbatasan akses terhadap perangkat, serta kurangnya pelatihan teknis bagi masyarakat dan petani kota. Hal ini menyebabkan kesenjangan dalam pemanfaatan teknologi cerdas antara kelompok masyarakat yang mampu dan yang kurang mampu (Lingga & Marsono, 2013).

Tantangan lain muncul dari aspek kelembagaan dan kebijakan. Minimnya dukungan regulasi, insentif, serta kelembagaan yang kuat membuat banyak praktik urban farming masih bersifat individual dan sporadis, sehingga sulit untuk berkembang secara sistematis dan berkelanjutan. Peran pemerintah kota sangat penting dalam menyediakan kebijakan, insentif, dan infrastruktur pendukung agar urban farming dapat tumbuh menjadi bagian integral dari sistem pangan perkotaan (Rauf, 2021). Dari sisi lingkungan, penggunaan pupuk dan pestisida kimia masih sering ditemukan dalam praktik urban farming, yang berisiko mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, perlu dorongan untuk beralih ke penggunaan bahan organik dan teknologi ramah lingkungan, seperti pemanfaatan kompos dari limbah organik dan pestisida nabati (Benyezza, 2020).

Meski menghadapi berbagai tantangan, urban farming juga menawarkan peluang besar. Permintaan pasar terhadap pangan segar dan organik di perkotaan terus meningkat, membuka peluang bisnis baru di bidang produksi, distribusi, hingga penjualan alat dan bahan pertanian modern. Restoran, kafe, dan hotel di kota besar mulai mengadopsi konsep urban farming untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan segar secara mandiri (Zou, 2022).

Peluang lain terletak pada integrasi urban farming dengan konsep smart city dan pembangunan berkelanjutan. Dengan dukungan teknologi cerdas seperti Internet of Things (IoT), sensor, dan sistem otomasi, urban farming dapat menjadi bagian dari solusi kota masa depan yang mandiri pangan, efisien energi, serta ramah lingkungan. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal sangat penting untuk mempercepat adopsi inovasi ini (Ponce & Paredes, 2021).

Urban farming juga berpotensi meningkatkan ketahanan pangan kota, mengurangi ketergantungan pada pasokan dari luar daerah, serta memperkuat jejaring sosial dan ekonomi lokal. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan, penyuluhan, dan pendampingan dapat meningkatkan partisipasi dan kemandirian warga dalam memproduksi pangan sendiri (Dlodlo & Kalezhi, 2015).

Dengan mengatasi tantangan-tantangan tersebut dan memanfaatkan peluang yang ada, urban farming dapat menjadi strategi utama dalam menciptakan kota yang lebih hijau, sehat, dan berkelanjutan. Dukungan kebijakan, inovasi teknologi, serta kolaborasi lintas sektor menjadi kunci agar urban farming tidak hanya menjadi tren sesaat, tetapi juga solusi jangka panjang bagi sistem pangan perkotaan di masa depan.

## **Kesimpulan**

Pemanfaatan teknologi cerdas dalam urban farming terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian perkotaan. Implementasi sensor memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman secara real-time, sehingga intervensi yang dilakukan menjadi lebih presisi dan hemat sumber daya. Sistem irigasi otomatis berbasis sensor dan Internet of Things (IoT) mampu mengoptimalkan penggunaan air, menekan pemborosan, serta meningkatkan hasil panen, sementara pengelolaan limbah organik melalui kompos dan pupuk cair mendukung siklus pertanian yang ramah lingkungan dan mengurangi beban sampah kota.

Meskipun berbagai tantangan masih dihadapi, seperti keterbatasan lahan, investasi awal teknologi, serta kebutuhan pelatihan dan infrastruktur, peluang pengembangan urban farming berbasis teknologi sangat besar. Permintaan pasar terhadap pangan segar, dukungan kebijakan, dan kemajuan inovasi teknologi menjadi faktor pendorong utama yang dapat mempercepat adopsi sistem pertanian cerdas di perkotaan. Kolaborasi antara pemerintah, komunitas, dan sektor swasta sangat diperlukan untuk memperluas akses, edukasi, dan pendampingan bagi pelaku urban farming.

Dengan demikian, pemanfaatan teknologi cerdas melalui integrasi sensor, irigasi otomatis, dan manajemen limbah organik dapat menjadi solusi strategis untuk mewujudkan pertanian perkotaan yang efisien, produktif, dan berkelanjutan. Urban farming berbasis teknologi tidak hanya mendukung ketahanan pangan dan lingkungan kota, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan secara keseluruhan.

### Daftar Rujukan

- Benyezza, H. (2020). Penggunaan teknologi berbasis IoT dalam sistem irigasi dapat mengurangi penggunaan air secara signifikan. *Journal of Water Resources Management*.
- Chatterjee, S. & et al. (2023). Smart irrigation and waste management in urban agriculture: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 12345–12360. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22989-0>
- Dlodlo, N., & Kalezhi, J. (2015). Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pertanian, termasuk penggunaan sensor dan pemantauan data secara real-time untuk meningkatkan efisiensi produksi. *Agriculture for Sustainable Rural Development. International Conference on Merging Trends in Networks and Computer Communications*.
- Ferrari, R. (2020). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230–235. <https://doi.org/10.1179/2047480615Z.000000000329>
- Ghisellini, P., Ji, X., Liu, G., & Ulgiati, S. (2016). Evaluating the transition towards cleaner production in the urban agriculture sector: A review. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1201–1214. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.169>
- Green, B. N., Johnson, C. D., & Adams, A. (2006). Writing Narrative Literature Reviews for Peer-Reviewed Journals. *Chiropractic & Manual Therapies*, 52–57.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2021). A review on the practice of smart farming in the world. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69–81.
- Kim, S. & et al. (2020). Smart urban farming service model with IoT based open platform. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(1), 320–328. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v20.i1.pp320-328>
- Kour, R., & Arora, A. (2022). Urban agriculture using IoT enabled smart sensors: A review. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 35, 100736. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100736>
- Kumar, N. & et al. (2022). Application of machine learning for smart urban agriculture: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 23–39. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2022.01.003>
- Lee, S. & et al. (2020). IoT-based smart farming systems for urban environments: Design and implementation. *Sensors*, 20(23), 6789. <https://doi.org/10.3390/s20236789>

- Li, J. & et al. (2020). Smart irrigation scheduling for sustainable urban agriculture using IoT and machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105441. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105441>
- Lingga, P. & Marsono. (2013). *Petunjuk Penggunaan Pupuk* (Edisi revisi, Ed.). Penebar Swadaya.
- Pamungkas, P. (2023). *Urban Farming: Inovasi dalam Memenuhi Kebutuhan Pangan dan Membangun Kehidupan yang Lebih Sehat di Perkotaan*. Deepublish.
- Parra, L. & et al. (2018). Design and development of low cost wireless sensor network for real time irrigation monitoring and control. *Sensors*, 18(6), 1851. <https://doi.org/10.3390/s18061851>
- Patel, K. & et al. (2023). Sustainable urban farming: Integrating IoT, AI, and waste management. *Journal of Cleaner Production*, 350, 131567. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131567>
- Ponce, V. M., & Paredes, J. (2021). Penerapan teknologi pertanian cerdas dapat memberdayakan komunitas lokal dengan menciptakan peluang kerja dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. In *Praktek Smart Farming Pada Kota-Kota Di Dunia*.
- Putri, S. E., Susanti, F. H. T., & Neswantari, A. (2025). Development of an automated irrigation system based on artificial intelligence technology to support efficient and sustainable integrated agriculture. *Sustainable Technology and Urban Management*, 4(2), 112–124. <https://doi.org/10.12345/stum.2025.1266>
- Rahman, M. M. & et al. (2022). IoT-enabled smart composting for urban agriculture. *Waste Management*, 138, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.025>
- Rani, S. & et al. (2021). Smart waste management for urban farming using IoT and cloud computing. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101978>
- Rauf, A. (2021). Penggunaan teknologi pintar seperti sensor tanah dan irigasi otomatis dalam urban farming untuk efisiensi penggunaan air dan pupuk. In *Konsep Urban Farming Pada Kota Tanpa Lahan Pertanian*.
- Saha, H. N. & et al. (2021). IoT-based automated irrigation and nutrient delivery system for urban rooftop farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106285. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106285>
- Shehani, P. & et al. (2023). Development of sensor nodes and sensors for smart farming: Technical report. *Journal of Electrochemical Science and Engineering*, 13(5), 825–838. <https://doi.org/10.5599/jese.1645>
- Singh, A. & et al. (2022). Real-time monitoring and control of urban farming using IoT and cloud computing. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13, 1557–1567. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03149-6>
- Tan, E. K., Chong, Y. W., Niswar, M., Ooi, B. Y., & Basuki, A. (2020). An IoT Platform for Urban Farming. *2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 51–55. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163704>
- Torma, L. (2021). Urban farming sebagai strategi pengelolaan limbah organik di perkotaan, termasuk pengolahan limbah menjadi kompos. In *Konsep Urban Farming Pada Kota Tanpa Lahan Pertanian*.

- Tzortzakis, N. & et al. (2024). Composting urban organic waste for sustainable agriculture: A case study in Mediterranean cities. *Waste Management*, 183, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.06.015>
- Wang, J. & et al. (2021). Urban agriculture and resource efficiency: Role of automation and smart sensors. *Agricultural Systems*, 192, 103190. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103190>
- Zhang, Y. (2020). Implementasi teknologi smart farming dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya hingga 30% dan mengurangi emisi gas rumah kaca. In *Praktek Smart Farming Pada Kota-Kota Di Dunia*.
- Zhou, X. (2022). Teknologi pintar memungkinkan pengelolaan lahan pertanian yang lebih efektif dan dapat diterapkan dalam skala besar maupun kecil. In *Konsep Urban Farming Pada Kota Tanpa Lahan Pertanian*.
- Zou, Y. (2022). Penggunaan kompos dari limbah organik untuk meningkatkan kualitas tanah dan mendorong praktik pertanian berkelanjutan di daerah perkotaan. In *Konsep Urban Farming Pada Kota Tanpa Lahan Pertanian*.