



WARTA

SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN



01

Smart Farming: Solusi Optimalisasi Tenaga Kerja pada Budidaya Hidroponik NFT

02

Teknologi Panen Air untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian

03

SNI 9245:2024 Perkuat Produktivitas Padi-Jeruk Di Kec. Mandastana, Barito Kuala Mendukung Swasembada Pangan

04

Sistem Bertani Umo Dan Sawah Masyarakat Kawasan Karst Bukit Bulan Sarolangun

05

Pemanfaatan Vegetasi Gulma Rawa sebagai *Biofilter*: Strategi Berbasis Alam pada Lahan Pasang Surut

06

Pertanian Ramah Lingkungan Mendukung Ketahanan dan Keamanan Pangan

Edisi Warta SDLP Vol. 3 No. 1 (April 2026) menghadirkan ragam inovasi pertanian yang memadukan teknologi modern, kearifan lokal, dan standar mutu nasional sebagai fondasi ketahanan pangan berkelanjutan. Dari optimalisasi tenaga kerja pada sistem hidroponik NFT, teknik panen air yang efisien, hingga pendampingan penerapan SNI komoditas padi dan jeruk di lahan rawa, setiap kajian menawarkan solusi adaptif terhadap tantangan lapangan. Integrasi sistem Umo di kawasan karst, pemanfaatan gulma rawa sebagai biofilter alami, serta pendekatan budidaya ramah lingkungan menunjukkan bahwa produktivitas dapat berjalan seiring dengan pelestarian ekosistem. Seluruh naskah dalam edisi ini menjadi rujukan strategis bagi petani, peneliti, penyuluh, pemerintah daerah, dan para pemangku kepentingan dalam membangun sistem agraria yang mandiri, produktif, dan lestari.



Smart Farming: Solusi Optimalisasi Tenaga Kerja pada Budidaya Hidroponik NFT

Carolina Yemima Irene Dimu¹, Nazma Naila¹, Muhammad Naufal Sinathrya Susanto¹, Hafiedh Adi Nugroho²

⁽¹⁾ Agribisnis, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

⁽²⁾ Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian

RINGKASAN

Penerapan *smart farming* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan upaya meningkatkan efisiensi tenaga kerja dalam kegiatan budidaya. Integrasi instalasi hidroponik dengan sensor pH, TDS, suhu, mikrokontroler, dan sistem *monitoring* digital memungkinkan proses pemantauan serta pengendalian nutrisi dilakukan secara otomatis dan *real-time*, sehingga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Otomatisasi tersebut menekan beban kerja yang bersifat rutin dan berulang, meminimalkan potensi kesalahan operasional, serta meningkatkan efisiensi dan konsistensi produksi. Dari sudut pandang agribisnis, penerapan *smart farming* pada hidroponik NFT berdampak pada penurunan biaya tenaga kerja, peningkatan efektivitas pengelolaan usaha, dan peluang pengembangan skala produksi secara lebih berkelanjutan.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pertanian modern menuntut penerapan sistem budidaya yang efisien, terkontrol, dan mampu beradaptasi dengan keterbatasan sumber daya, khususnya lahan dan tenaga kerja. Peningkatan kebutuhan pasar terhadap produk pertanian yang berkualitas dan berkelanjutan mendorong pengembangan serta penerapan teknologi pertanian yang lebih maju dalam kegiatan berusahatani. Namun, proses adopsi teknologi dan inovasi dalam pertanian tidak berlangsung secara seragam, karena dipengaruhi oleh keragaman pemahaman dan tingkat kesiapan pelaku usaha tani dalam menerima intervensi eksternal berupa input modern (Faqih *et al.*, 2024).

Pada saat yang sama, sektor pertanian menghadapi keterbatasan tenaga kerja, sehingga pelaku usaha tani dituntut mengelola sistem produksi dengan sumber daya manusia yang lebih efisien di tengah meningkatnya tuntutan terhadap efisiensi, konsistensi produksi, dan kualitas hasil. Kondisi ini mendorong pengembangan sistem budidaya yang tidak hanya produktif, tetapi juga mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Penerapan teknologi pertanian modern menjadi strategi adaptif untuk menjaga keberlanjutan kegiatan berusahatani, khususnya dalam menghadapi keterbatasan tenaga kerja, salah satunya melalui pengembangan sistem hidroponik NFT yang terintegrasi dengan konsep *smart farming* (Perdana dan Suharni, 2022). Sistem NFT mengalirkan lapisan tipis larutan nutrisi secara kontinu sehingga tanaman memperoleh nutrisi dan oksigen secara optimal. Penerapan otomasi, sensor, dan sistem *monitoring* pada hidroponik NFT

DAFTAR ISI

<i>Smart Farming</i> : Solusi Optimalisasi Tenaga Kerja pada Budidaya Hidroponik NFT.....	1
Teknologi Panen Air untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian.....	10
SNI 9245:2024 Perkuat Produktivitas Padi-Jeruk Di Kec. Mandastana, Barito Kuala Mendukung Swasembada Pangan .	19
Sistem Bertani Umo Dan Sawah Masyarakat Kawasan Karst Bukit Bulan Sarolangun	24
Pemanfaatan Vegetasi Gulma Rawa sebagai <i>Biofilter</i> : Strategi Berbasis Alam pada Lahan Pasang Surut.....	30
Pertanian Ramah Lingkungan Mendukung Ketahanan dan Keamanan Pangan.....	35

membuat proses budidaya lebih terkontrol dan efisien, sekaligus mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia tanpa menurunkan produktivitas dan kualitas hasil (Wahyuni *et al.*, 2023).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem hidroponik NFT berbasis *smart farming* tidak hanya berfungsi sebagai inovasi teknologi dalam kegiatan berusahatani, tetapi juga berpotensi menjadi solusi strategis dalam menghadapi keterbatasan tenaga kerja. Optimalisasi tenaga kerja melalui penerapan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan usaha tani, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan produksi dan produktivitas. Peningkatan produksi dan produktivitas tersebut berimplikasi langsung terhadap pendapatan serta taraf hidup pelaku usaha tani (Supriila *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kajian mengenai karakteristik kebutuhan tenaga kerja dan implikasinya dalam sistem hidroponik NFT menjadi penting untuk dikaji lebih lanjut dalam perspektif agribisnis.

II. TENAGA KERJA PADA SISTEM HIDROPONIK NFT KONVENSIONAL

2.1 Karakteristik Kebutuhan Tenaga Kerja pada Hidroponik NFT

Pada sistem hidroponik NFT konvensional, instalasi talang atau pipa disusun dengan kemiringan tertentu untuk memastikan aliran larutan nutrisi berlangsung secara kontinu dan merata, namun pengelolaannya masih sangat bergantung pada keterlibatan tenaga kerja. Penentuan posisi talang, penyetelan kemiringan, serta pengecekan kelancaran aliran nutrisi umumnya dilakukan secara manual melalui uji coba berulang, sehingga membutuhkan ketelitian dan waktu kerja yang tinggi. Performa sistem hidroponik NFT sangat bergantung pada ketepatan pengaturan debit aliran nutrisi dan kemiringan talang, sehingga pada sistem konvensional diperlukan pengawasan dan penyesuaian manual secara berulang untuk mencegah ketidakseimbangan aliran, distribusi nutrisi, dan ketersediaan oksigen di zona perakaran (Veronika *et al.*, 2025). Karakteristik instalasi yang dikelola secara manual ini menjadikan kebutuhan tenaga kerja bersifat intensif dan berulang, terutama pada skala usaha yang lebih besar, sehingga berpotensi menimbulkan beban kerja yang tinggi dan menurunkan efisiensi pengelolaan dalam jangka panjang. Pengelolaan lahan berkelanjutan merupakan pendekatan penggunaan lahan yang mempertimbangkan fungsi ekologis, produktivitas ekonomi, serta kelayakan sosial.

Menurut Lal (2015), prinsip utama pengelolaan ini mencakup konservasi tanah, rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, serta pengendalian alih fungsi lahan. Di Indonesia, konsep ini terintegrasi dalam program Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan

(LP2B) yang menjadi dasar perlindungan lahan pertanian dari konversi lahan (Kementan, 2022).

2.2. Keterbatasan Tenaga Kerja sebagai Hambatan Optimalisasi Produksi

Ketergantungan sistem hidroponik NFT konvensional pada pengelolaan manual menjadikan tenaga kerja berperan penting dalam menjaga stabilitas sistem produksi. Namun, dalam praktiknya, ketersediaan tenaga kerja semakin terbatas akibat meningkatnya biaya tenaga kerja, rendahnya minat terhadap pekerjaan pertanian yang bersifat rutin dan intensif, serta tuntutan efisiensi usaha yang semakin tinggi. Kondisi ini menyebabkan beban kerja cenderung terkonsentrasi pada jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit, sehingga sulit mempertahankan konsistensi pengelolaan dalam jangka panjang.

Dalam upaya menanggulangi keterbatasan tersebut, pelaku usaha hidroponik NFT konvensional umumnya melakukan penyesuaian melalui pengaturan jadwal kerja, penyederhanaan prosedur operasional, serta pembagian tugas yang lebih efisien, meskipun upaya tersebut masih memiliki keterbatasan dalam mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Namun, pendekatan tersebut pada dasarnya masih bersifat penyesuaian internal, sehingga belum sepenuhnya mampu mengoptimalkan kinerja produksi pertanian secara konsisten. Ketergantungan yang tetap tinggi terhadap tenaga kerja manual menjadikan upaya tersebut memiliki batas efektivitas, terutama ketika dihadapkan pada tuntutan stabilitas sistem dan peningkatan skala usaha. Keterbatasan tenaga kerja dalam sektor pertanian telah mendorong perubahan sistem produksi di berbagai negara, terutama pada kegiatan yang bersifat padat karya. Di Malaysia, kelangkaan tenaga kerja pada kegiatan panen mendorong penerapan sistem yang lebih efisien dan cepat, sementara kajian di Thailand menunjukkan bahwa peralihan dari sistem manual ke sistem yang lebih terorganisasi mampu meningkatkan keuntungan ekonomi hingga sekitar 30% dibandingkan metode manual (Purwantini dan Susilowati, 2018). Temuan tersebut menegaskan bahwa ketergantungan yang tinggi terhadap tenaga kerja manual memiliki keterbatasan dalam menjaga efisiensi dan konsistensi produksi, sehingga diperlukan pendekatan pengelolaan yang lebih efektif dalam menghadapi keterbatasan tenaga kerja.

2.3. Inefisiensi Tenaga Kerja dalam Pengelolaan Hidroponik NFT konvensional

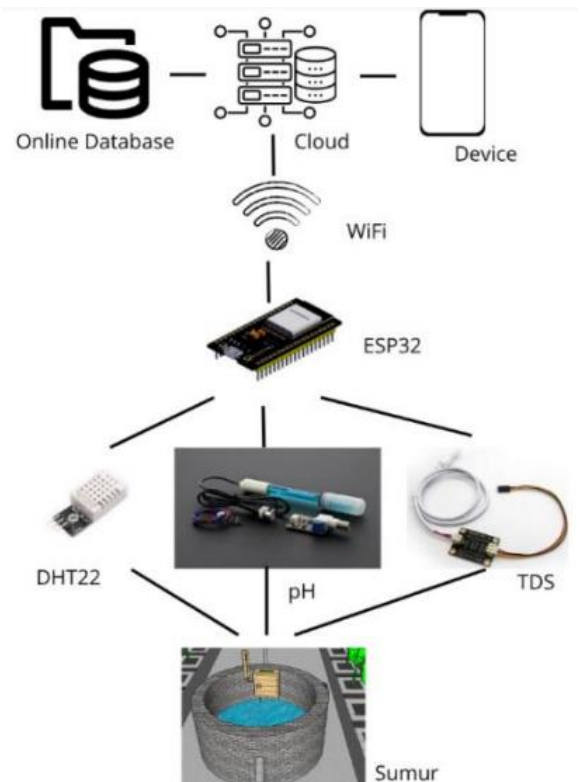
Pada sistem hidroponik (NFT) yang belum didasari oleh *smart farming*, masih sering ditemukan inefisiensi yang terjadi akibat ketergantungan pada aktivitas manual dan pengawasan langsung. Menurut Ananda *et al.*,

(2025) pengendalian lingkungan *green house* yang masih bersifat manual atau kurang terintegrasi menyulitkan pemantauan dan pengaturan parameter secara *real-time* dan akurat, sehingga berpotensi menciptakan kondisi lingkungan tidak seimbang yang menghambat pertumbuhan tanaman. Berbagai pekerjaan rutin seperti pengecekan pH dan konsentrasi nutrisi, pengaturan aliran larutan, serta pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara berulang oleh tenaga kerja, sehingga membutuhkan waktu dan konsistensi yang tinggi. Seiring dengan bertambahnya skala instalasi, beban kerja meningkat tanpa diikuti peningkatan produktivitas tenaga kerja yang sebanding. Keterbatasan ketelitian serta kelelahan kerja juga berpotensi menimbulkan keterlambatan pengambilan keputusan dan kesalahan operasional yang berdampak pada stabilitas pertumbuhan tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan hidroponik NFT masih menghadapi keterbatasan dalam mengoptimalkan peran tenaga kerja secara efisien, sehingga diperlukan dukungan teknologi untuk meningkatkan efektivitas dan kualitas pengelolaan.

Penerapan *smart farming* pada sistem hidroponik NFT menunjukkan pendekatan yang lebih efektif dalam mengatasi inefisiensi akibat dominasi aktivitas manual. Pada pengelolaan NFT konvensional, meskipun telah dilakukan pengurangan jumlah tenaga kerja dan jam kerja, kegiatan operasional masih bergantung pada pengecekan dan pengawasan manual sehingga efisiensi yang dicapai terbatas dan biaya tenaga kerja relatif tetap tinggi. Dengan *smart farming*, pemantauan parameter utama dilakukan secara otomatis dan *real-time*, yang mengubah peran tenaga kerja dari pelaksana pekerjaan rutin menjadi pemantauan sistem. Perubahan ini memungkinkan penurunan jumlah tenaga kerja dan pemangkasan jam kerja tanpa menurunkan kualitas pengelolaan, sekaligus mengurangi pengulangan pekerjaan dan risiko kesalahan operasional. Dampak langsung dari kondisi tersebut adalah penurunan biaya tenaga kerja karena kebutuhan jam kerja berkurang dan produktivitas per satuan tenaga kerja meningkat, sehingga *smart farming* mendukung efisiensi biaya tenaga kerja sekaligus menjaga stabilitas dan konsistensi produksi pada sistem hidroponik NFT.

meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas hasil pertanian, serta keberlanjutan sistem pertanian melalui pendekatan yang presisi dan terukur.

Gambaran umum dari teknologi *smart farming* hidroponik NFT adalah berupa sistem yang terdiri dari sebuah alat dan aplikasi Android yang saling terhubung melalui komponen IoT. Alat yang dikembangkan menggunakan beberapa komponen seperti sensor pH, sensor suhu DHT22, modul *relay*. Alat ini digunakan untuk memantau kondisi suhu air dan kadar pH air tandon hidroponik NFT. (Baskara dan Wijaya. 2023).



Gambar 1. Rancangan Sistem Teknologi *Smart farming* Hidroponik NFT

Sumber : Al Ghifary *et al.*, (2025)

III. SMART FARMING PADA HIDROPONIK NFT

3.1. Konsep *Smart farming* dalam Sistem Hidroponik NFT

Smart farming atau pertanian cerdas merupakan konsep pertanian modern yang mengintegrasikan teknologi digital dalam pengelolaan kegiatan pertanian guna mengoptimalkan proses produksi. Penerapan *smart farming* bertujuan untuk

3.2. Peran *Smart farming* dalam Mengatasi Permasalahan Tenaga Kerja

Pada sistem hidroponik NFT, *smart farming* berperan sebagai sistem pengelolaan terintegrasi yang mengoordinasikan proses pemantauan dan pengendalian budidaya tanaman secara berkelanjutan. *Smart farming* menjalankan fungsi pengawasan terhadap parameter utama sistem NFT, termasuk kestabilan larutan nutrisi dan kondisi lingkungan tumbuh tanaman, untuk memastikan aliran nutrisi berjalan sesuai karakteristik NFT yang bersifat kontinu dan tipis. Selain itu, *smart farming* berperan dalam mengatur hubungan kerja antar komponen instalasi, sehingga proses budidaya dapat berlangsung secara terkontrol dan sinkron. Menurut

Rumokoy *et al.*, (2025) *smart farming* menjadi pusat kendali sistem hidroponik NFT yang memungkinkan pengelolaan dilakukan berdasarkan data tanpa bergantung pada pengaturan manual secara langsung.

3.3. Manfaat Penerapan *Smart farming* terhadap Efisiensi Tenaga Kerja

Penerapan *smart farming* pada sistem hidroponik NFT didukung oleh berbagai fitur pemantauan dan pengendalian yang dirancang untuk menyederhanakan aktivitas kerja tenaga kerja. Fitur utama yang umum diterapkan meliputi pemantauan pH dan konsentrasi nutrisi (EC) untuk menjaga keseimbangan larutan secara konsisten, serta pemantauan suhu larutan dan suhu lingkungan guna memastikan kondisi tumbuh tanaman tetap optimal. Selain itu, terdapat pengaturan aliran nutrisi dan waktu sirkulasi yang memungkinkan sistem bekerja secara stabil tanpa pengawasan manual yang konstan. *Smart farming* juga dilengkapi dengan *monitoring* jarak jauh berbasis data, sehingga tenaga kerja dapat memantau kondisi instalasi NFT secara *real-time* dan melakukan penyesuaian hanya ketika diperlukan. Keberadaan fitur-fitur tersebut mengurangi frekuensi pekerjaan rutin, meningkatkan ketepatan pengelolaan, serta memungkinkan tenaga kerja bekerja lebih efisien dan terfokus pada aspek pengawasan dan pengambilan keputusan. Pertanian hidroponik yang terintegrasi dengan *smart farming* tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen, tetapi juga mengurangi konsumsi sumber daya alam dan dampak negatif pertanian konvensional terhadap lingkungan sekitar (Rahmadi *et al.*, 2024).

Pada sistem hidroponik NFT konvensional, kegiatan usahatani umumnya dikerjakan oleh 3-4 orang tenaga kerja dengan durasi kerja penuh, sekitar pukul 07.00-15.00, di mana seluruh tenaga kerja terlibat secara bersamaan dalam aktivitas rutin seperti pengecekan aliran nutrisi, pengamatan kondisi tanaman, pengaturan larutan, hingga pembersihan saluran, sehingga terjadi tumpang tindih pekerjaan dan penggunaan waktu kerja yang kurang efisien. Namun, dengan penerapan *smart farming*, sistem kerja mengalami penyederhanaan dan pengaturan ulang, di mana jumlah tenaga kerja efektif dapat dikurangi menjadi 2-3 orang dengan jam kerja yang lebih singkat dan terfokus, misalnya pukul 07.00-12.00. Pada fase awal kerja, tenaga kerja hanya melakukan verifikasi sistem berdasarkan data sensor pH, EC, suhu, dan aliran nutrisi, sementara aktivitas pengamatan dilakukan secara selektif berdasarkan notifikasi atau hasil *monitoring real-time*. Pekerjaan

perawatan dan penyesuaian sistem dilakukan hanya ketika data menunjukkan penyimpangan, sehingga frekuensi pekerjaan manual berkurang. Dengan pola kerja ini, peran tenaga kerja bergeser dari pelaksana teknis rutin menjadi pengawas dan pengambil keputusan, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi penggunaan tenaga kerja tanpa menurunkan stabilitas sistem maupun kualitas produksi.

Teknologi *smart farming* berperan penting dalam meningkatkan efisiensi biaya tenaga kerja melalui penerapan sistem otomatisasi serta pemanfaatan teknologi digital dalam kegiatan pertanian. Penggunaan sensor, sistem kontrol otomatis, dan pemantauan berbasis data memungkinkan berbagai proses budidaya, seperti irigasi, pemupukan, dan pengendalian lingkungan, dilaksanakan secara lebih presisi dengan minim intervensi manusia. Dengan demikian, kebutuhan tenaga kerja manual dapat ditekan secara signifikan, sehingga jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dapat berkurang hingga sekitar 30-50%. Kondisi ini tidak hanya menurunkan biaya operasional, tetapi juga meningkatkan efektivitas kerja serta konsistensi hasil produksi pertanian. (Puspita *et al.*, 2025).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh salah satu mahasiswa Universitas Islam Riau terkait dengan para petani sayuran di Pekanbaru bahwa sebelum berkembangnya sistem hidroponik NFT, kegiatan usahatani sayuran masih dilakukan secara konvensional dengan berbagai keterbatasan seperti lahan sempit, ketergantungan terhadap kondisi cuaca, serta pengelolaan yang masih manual, sehingga menyebabkan proses produksi kurang efisien dan hasil yang diperoleh cenderung tidak stabil, yang berdampak pada ketidakpastian pendapatan petani. Setelah penerapan sistem hidroponik NFT, terjadi peningkatan efisiensi usaha yang ditunjukkan oleh kemampuan menghasilkan pendapatan bersih sebesar Rp 898.061 per periode dengan nilai RCR sebesar 1,39 yang menandakan usaha tersebut layak dan menguntungkan.

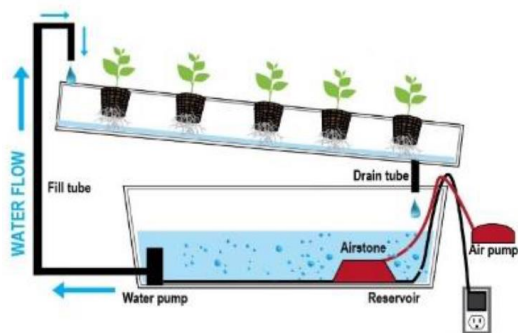
Kondisi ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga berdampak secara sosial yang nyata bagi petani. Berdasarkan hasil penelitian, usahatani hidroponik NFT di Kota Pekanbaru dijalankan dalam skala usaha mikro dengan jumlah tenaga kerja yang relatif sedikit, yaitu sekitar 1 orang, serta penggunaan tenaga kerja sebesar 4,83 HOK per periode. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan tenaga kerja tidak terlalu besar, sehingga beban kerja dapat lebih terfokus dan tidak tersebar pada banyak aktivitas manual. Selain itu, dengan biaya produksi

sebesar Rp 2.321.759 per periode dan pendapatan kotor Rp 3.219.820, petani mampu memperoleh pendapatan bersih sebesar Rp 898.061, yang mencerminkan adanya selisih keuntungan yang jelas dan terukur. Kondisi ini memberikan kepastian bagi petani bahwa usaha yang dijalankan tidak hanya efisien, tetapi juga menghasilkan pendapatan yang stabil dalam setiap periode produksi. Dengan jumlah tenaga kerja yang terbatas namun tetap mampu menghasilkan produksi dan pendapatan yang optimal, petani dapat mengelola waktu kerja secara lebih efisien dan tidak bergantung pada banyak tenaga kerja tambahan, sehingga secara langsung berdampak pada pengurangan beban kerja, peningkatan efisiensi operasional, serta memperkuat kestabilan ekonomi rumah tangga petani.

IV. MEKANISME DAN INSTALASI SMART FARMING PADA HIDROPONIK NFT

4.1. Instalasi Smart farming Pada Hidroponik NFT

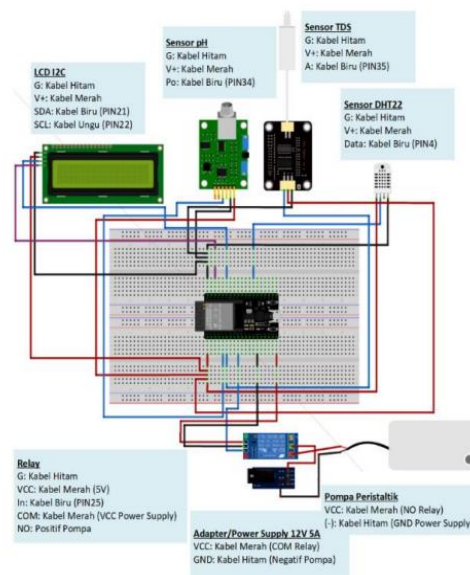
A. Prinsip Dasar Sistem Hidroponik NFT



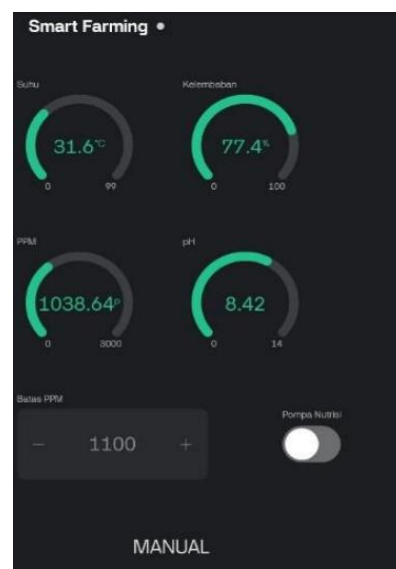
Gambar 2. Sistem Hidroponik NFT
Sumber : Setiawan (2018)

NFT adalah metode hidroponik yang mengalirkan larutan nutrisi tipis melalui akar tanaman secara tipis dan terus-menerus (Nuryudin, 2024). Dalam sistem ini, akar tanaman tidak terendam sepenuhnya, melainkan hanya bersentuhan dengan lapisan nutrisi yang mengalir di sepanjang saluran tanam, sehingga ketersediaan air, unsur hara, dan oksigen tetap terjaga. Aliran nutrisi berlangsung secara kontinu untuk menjamin ketersediaan hara yang stabil sehingga tanaman tidak mengalami defisiensi. Pompa dan reservoir pada sistem NFT harus dikalibrasi sesuai dengan jumlah tanaman yang dibudidayakan dengan instalasi saluran yang dirancang memiliki kemiringan yang disesuaikan dengan tanaman yang ditanam. Oleh karena itu, perancangan instalasi NFT dilakukan secara terkontrol agar proses budidaya dapat berlangsung sesuai dengan karakteristik sistem dan kebutuhan tanaman.

B. Integrasi Smart farming dengan Instalasi Hidroponik NFT



Gambar 3. Rangkaian elektronik menggunakan software fritzing
Sumber: Al Ghifary *et al.*, (2025)



Gambar 4. Interface Aplikasi
Sumber: Al Ghifary *et al.*, (2025)

Integrasi *smart farming* dengan sistem hidroponik NFT dilakukan melalui penambahan komponen pengendali dan pemantau yang bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem. Berdasarkan penelitian Ghifry *et al.*, (2025), sistem ini tersusun atas mikrokontroler ESP32, *expansion board*, sensor TDS, sensor pH, sensor DHT22, LCD, *relay*, pompa peristaltik, dan *power supply*. Komponen-komponen tersebut dirancang untuk saling terhubung dalam mendukung pemantauan kondisi nutrisi dan lingkungan tumbuh tanaman, sehingga instalasi hidroponik NFT dapat dikelola secara lebih terkontrol dan berkelanjutan. Perancangan keterhubungan antar komponen direpresentasikan dalam bentuk rangkaian elektronik menggunakan perangkat lunak

Fritzing, sebagaimana ditunjukkan pada *Gambar 3*, yang menggambarkan integrasi sensor, mikrokontroler, dan aktuator dalam satu kesatuan sistem *smart farming* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Berdasarkan *Gambar 3*, sensor berfungsi membaca parameter utama sistem hidroponik NFT, seperti konsentrasi nutrisi, tingkat keasaman, serta kondisi lingkungan, kemudian data tersebut diproses oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Informasi hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui LCD dan dikirimkan melalui jaringan nirkabel untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh. *Relay* berperan sebagai pengendali kerja pompa peristaltik yang digunakan untuk menyesuaikan konsentrasi nutrisi larutan, sehingga kestabilan nutrisi tanaman dapat dipertahankan tanpa ketergantungan pada pengawasan manual yang intensif.

Hasil pemantauan dan pengendalian sistem selanjutnya divisualisasikan melalui antarmuka aplikasi berbasis Android, sebagaimana ditunjukkan pada *Gambar 4*. Antarmuka ini menampilkan parameter suhu, kelembaban, nilai PPM, dan pH dalam bentuk visual yang mudah dipahami, serta menyediakan pengaturan batas ambang nutrisi untuk mendukung pengoperasian sistem secara otomatis. Selain itu, tersedia pula fitur pengendalian manual sebagai bentuk fleksibilitas pengelolaan. Integrasi antara rangkaian elektronik (*Gambar 3*) dan antarmuka aplikasi (*Gambar 4*) menunjukkan bahwa *smart farming* berperan sebagai sistem pengelolaan terpusat yang mendukung operasional hidroponik NFT secara lebih efisien dan adaptif.

C. Analisis Teknis Sistem IoT pada *Smart Farming* Hidroponik NFT

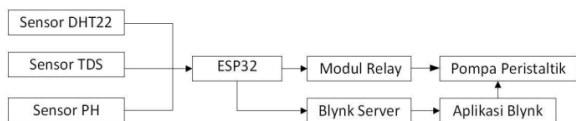
Penerapan *smart farming* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada sistem hidroponik NFT tidak hanya mencakup penggunaan komponen sensor dan perangkat keras, tetapi juga melibatkan mekanisme teknis yang mengatur proses pengendalian, integrasi data, serta keamanan sistem (Rahmadi *et al.*, 2024). Secara teknis, sistem ini bekerja dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data yang menghubungkan sensor, aktuator, dan *platform monitoring* dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi. Dengan demikian, proses budidaya tidak hanya berlangsung secara otomatis, tetapi juga berbasis pada data yang terukur dan berkelanjutan.

Dari sisi pengendalian sistem, mekanisme yang digunakan umumnya berupa pengendalian berbasis ambang batas (*threshold control*). Dalam mekanisme ini, nilai parameter yang diperoleh dari sensor seperti *Total Dissolved Solids* (TDS), pH, dan suhu akan dibandingkan dengan batas nilai yang telah ditentukan sebelumnya (Roring dan Mamarimbing, 2025). Ketika nilai parameter berada di luar rentang yang diinginkan, mikrokontroler akan memberikan perintah kepada aktuator melalui *relay* untuk melakukan penyesuaian, seperti mengaktifkan pompa peristaltik guna menambahkan larutan nutrisi. Sebaliknya, apabila nilai telah kembali pada kondisi optimal, sistem akan menghentikan proses tersebut. Untuk menjaga kestabilan kerja sistem dan mencegah respon berulang akibat fluktuasi kecil, pengendalian ini dapat dilengkapi dengan rentang toleransi sehingga sistem tidak langsung merespons setiap perubahan nilai yang sangat kecil.

Selain itu, integrasi data menjadi bagian penting dalam sistem IoT pada *smart farming*. Data yang diperoleh dari sensor diproses oleh mikrokontroler dan selanjutnya dikirimkan melalui jaringan WiFi ke platform aplikasi seperti Blynk. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk antarmuka yang mudah dipahami, seperti indikator nilai atau grafik sederhana, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time* dari jarak jauh. Integrasi ini memungkinkan proses pengambilan keputusan dilakukan secara lebih cepat dan akurat karena didasarkan pada data aktual yang terus diperbarui, bukan hanya pengamatan manual di lapangan.

Di sisi lain, penerapan sistem berbasis IoT juga memerlukan perhatian terhadap aspek keamanan. Sistem yang terhubung dengan jaringan internet memiliki potensi risiko seperti akses tidak sah, gangguan koneksi, maupun penyalahgunaan data (Alfian dan Rahman, 2024). Oleh karena itu, diperlukan langkah pengamanan seperti penggunaan autentikasi pada aplikasi, perlindungan jaringan WiFi dengan kata sandi, serta pembatasan akses terhadap pengguna tertentu. Selain itu, kestabilan jaringan juga perlu diperhatikan untuk memastikan proses pengiriman data dan respon sistem dapat berjalan secara optimal. Dengan adanya pengelolaan aspek teknis yang mencakup pengendalian, integrasi data, dan keamanan tersebut, sistem *smart farming* pada hidroponik NFT dapat beroperasi secara lebih efisien, stabil, dan andal dalam mendukung kegiatan budidaya.

4.2. Alur Kerja Sistem *Smart Farming* pada Hidroponik NFT



Gambar 5. Diagram Blok Sistem
Sumber: Al Ghifary *et al.*, (2025)

Sistem *Smart farming* yang dikembangkan bertujuan untuk mengotomatisasi proses pemantauan serta pengelolaan nutrisi pada budidaya melon hidroponik dengan metode NFT. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Ghifary *et al.*, (2025) dapat diketahui bahwa secara umum, alur kerja sistem diawali dengan sensor pH, TDS, dan DHT22 yang terpasang pada sistem untuk membaca parameter lingkungan dan kondisi nutrisi di dalam reservoir. Data hasil pengukuran tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses sesuai dengan program yang telah ditetapkan. Informasi hasil pembacaan sensor selanjutnya ditampilkan secara lokal melalui LCD dan dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi WiFi sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Apabila nilai TDS terdeteksi berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan oleh pengguna melalui aplikasi, maka ESP32 akan mengaktifkan *relay* untuk menyalakan pompa peristaltik guna menambahkan larutan nutrisi hingga mencapai nilai yang diinginkan. Sistem ini dapat dioperasikan dalam mode otomatis berdasarkan batas parameter yang telah ditetapkan, maupun dalam mode manual melalui kendali pengguna pada aplikasi.

4.3. Hubungan Mekanisme Instalasi dengan Efisiensi Tenaga Kerja

Mekanisme instalasi *smart farming* pada hidroponik NFT memiliki keterkaitan yang erat dengan peningkatan efisiensi tenaga kerja. Instalasi fisik hidroponik NFT yang tersusun atas saluran tanam, reservoir, pompa, dan rangka penopang sebagaimana dijelaskan pada Subbab 4.1 dirancang untuk mendukung aliran nutrisi yang kontinu dan stabil. Ketika instalasi fisik tersebut diintegrasikan dengan komponen *smart farming*, seperti sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, mikrokontroler ESP32, serta sistem kendali berbasis IoT, proses budidaya tidak lagi bergantung pada pengawasan manual secara intensif.

Alur kerja sistem *smart farming* pada hidroponik NFT yang dijelaskan pada Subbab 4.2 menunjukkan bahwa pemantauan parameter utama dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan melalui sensor yang terpasang pada sistem. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan

secara *real-time* melalui LCD maupun aplikasi berbasis Android, sehingga tenaga kerja dapat memantau kondisi sistem tanpa harus melakukan pengecekan langsung di lapangan. Mekanisme ini mengurangi frekuensi pekerjaan rutin seperti pengukuran pH, konsentrasi nutrisi, serta pengawasan suhu lingkungan yang pada sistem konvensional harus dilakukan secara manual dan berulang.

Penerapan sistem *smart farming* berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) pada instalasi hidroponik mampu menekan ketergantungan terhadap tenaga kerja manual. Hal ini disebabkan oleh proses pemantauan parameter dan pengaturan pencampuran nutrisi yang dapat dijalankan secara otomatis melalui integrasi sensor dan aktuator. Penelitian terkait menunjukkan bahwa sistem *smart farming* berbasis IoT berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi biaya tenaga kerja jika dibandingkan dengan sistem hidroponik konvensional yang masih mengandalkan pengelolaan manual (Mulyati *et al.*, 2021).

V. IMPLIKASI DAN KETERKAITAN DENGAN AGRIBISNIS

Bila dilihat dari perspektif agribisnis, perbedaan antara hidroponik NFT konvensional dan hidroponik NFT berbasis *smart farming* tidak hanya tercermin pada metode pengelolaan budidaya, tetapi juga pada struktur dan pola kebutuhan tenaga kerja yang menyertainya. Pada sistem konvensional, ketergantungan yang tinggi terhadap tenaga kerja manual menyebabkan alokasi tenaga kerja menjadi kurang efisien, dengan beban kerja yang cenderung padat, berulang, dan membutuhkan pengawasan kontinu. Metode hidroponik yang konvensional masih menunjukkan tingkat efisiensi yang rendah dalam pemanfaatan sumber daya, khususnya air dan energi, serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Hasibuan, 2023). Oleh karena itu, kondisi tersebut berimplikasi pada meningkatnya biaya tenaga kerja, keterbatasan fleksibilitas pengelolaan, serta risiko ketidakkonsistenan operasional yang dapat mengganggu stabilitas produksi dan pasokan dalam jangka Panjang.

Sebaliknya, penerapan *smart farming* pada hidroponik NFT mengubah karakteristik kebutuhan tenaga kerja dari dominasi aktivitas manual menuju peran yang lebih terfokus pada pengawasan dan pengambilan keputusan. Minimnya keterlibatan tenaga kerja manual melalui penerapan otomasi dan pemantauan *real-time* berimplikasi langsung terhadap struktur biaya agribisnis hidroponik NFT (Wardhana *et al.*, 2024). Oleh karena itu, hal ini memungkinkan pengurangan intensitas kerja rutin,

sehingga kebutuhan tenaga kerja menjadi lebih efisien dan terstruktur. Implikasi ini berdampak langsung pada penurunan tekanan biaya tenaga kerja, peningkatan konsistensi proses produksi, serta terciptanya sistem usaha

yang lebih adaptif terhadap pengembangan skala tanpa harus diikuti oleh penambahan tenaga kerja dalam jumlah yang signifikan.

Tabel 1. Perbandingan NFT Konvensional dan NFT *Smart farming*

Aspek	NFT Konvensional	NFT <i>Smart farming</i>
Jenis pekerjaan	Pengecekan nutrisi, pH, TDS, dan pompa dilakukan manual	Pengawasan sistem dan data sensor
Intensitas kerja	Tinggi	Rendah
Keterlibatan tenaga kerja	Langsung dan terus-menerus	Tidak langsung (supervisi sistem)
Frekuensi <i>monitoring</i>	Berkala (1–3 kali per hari)	Kontinu (<i>real-time</i>)
Peran tenaga kerja dalam usahatani	Tenaga kerja menjadi faktor produksi utama dalam operasional harian	Tenaga kerja berperan sebagai pengelola sistem dan pengambil keputusan
Efisiensi penggunaan tenaga kerja	Relatif rendah karena beban kerja padat dan berulang	Lebih efisien karena beban kerja difokuskan pada aktivitas bernilai tambah
Struktur biaya tenaga kerja	Biaya tenaga kerja tinggi dan menjadi komponen dominan	Biaya tenaga kerja menurun seiring berkurangnya intensitas kerja manual
Konsistensi pengelolaan	Rentan terhadap fluktuasi akibat keterbatasan tenaga kerja	Lebih stabil dan terkontrol
Fleksibilitas skala usahatani	Terbatas karena peningkatan skala memerlukan tambahan tenaga kerja	Lebih fleksibel tanpa penambahan tenaga kerja signifikan
Implikasi agribisnis	Efisiensi tenaga kerja rendah dan risiko operasional lebih tinggi	Mendukung efisiensi tenaga kerja dan keberlanjutan usaha

Berdasarkan hasil studi lapangan yang telah penulis lakukan terkait analisis usahatani hidroponik NFT melon, terdapat perbedaan signifikan dalam efisiensi ekonomi antara penggunaan kombinasi teknologi dan tenaga kerja dibandingkan dengan penerapan teknologi secara mandiri dalam sistem NFT. Implementasi teknologi secara penuh dalam sistem NFT menawarkan keunggulan finansial yang signifikan dibandingkan dengan sistem yang masih bergantung pada keterlibatan tenaga kerja manual. Berdasarkan data simulasi, rasio efisiensi usaha (R/C Ratio) mengalami peningkatan drastis dari 1,33 pada kondisi aktual menjadi 1,99 ketika biaya tenaga kerja dieliminasi. Lonjakan efisiensi ini berimplikasi langsung pada profitabilitas usaha, di mana pendapatan bersih meningkat hampir dua kali lipat, yaitu dari Rp 7.513.658 menjadi Rp 15.013.658. Hal ini membuktikan bahwa otomatisasi melalui teknologi mampu mengoptimalkan margin keuntungan secara lebih agresif.

Keunggulan teknologi ini semakin dipertegas oleh fakta bahwa tenaga kerja manual merupakan komponen biaya variabel terbesar, yakni mencapai 35,25%. Ketergantungan yang tinggi pada faktor manusia menyebabkan total biaya produksi membengkak hingga Rp 22.726.342. Sebaliknya, dengan beralih ke operasional berbasis teknologi penuh, biaya produksi dapat ditekan menjadi Rp 15.226.342 tanpa mengurangi volume

penerimaan sama sekali. Mengingat biaya penyusutan alat bersifat konstan sebesar Rp 1.447.553, maka investasi pada teknologi NFT memberikan kepastian struktur biaya yang lebih stabil dan terukur, sekaligus menciptakan model usaha yang jauh lebih kompetitif di sektor agribisnis.

VI. PENUTUP

Secara keseluruhan, permasalahan pengelolaan hidroponik NFT konvensional berakar pada tingginya ketergantungan terhadap tenaga kerja manual dalam menjaga stabilitas sistem produksi. Keterbatasan ketersediaan tenaga kerja, tingginya beban kerja rutin, serta tuntutan efisiensi usaha menyebabkan pengelolaan sistem konvensional sulit dipertahankan secara konsisten, terutama dalam jangka panjang dan pada skala usaha yang lebih besar. Upaya penyesuaian internal yang dilakukan pelaku usaha belum mampu mengatasi permasalahan tersebut secara menyeluruh karena ketergantungan pada tenaga kerja manual tetap dominan. Dalam konteks inilah penerapan *smart farming* pada sistem hidroponik NFT menjadi relevan sebagai pendekatan pengelolaan yang mampu menjawab keterbatasan tenaga kerja melalui otomasi dan pemantauan berbasis data. Integrasi *smart farming* memungkinkan stabilitas sistem tetap terjaga dengan kebutuhan tenaga kerja yang lebih efisien, sehingga

berimplikasi positif terhadap penurunan biaya operasional, peningkatan konsistensi produksi, serta penguatan keberlanjutan dan daya saing agribisnis hidroponik NFT.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, M., dan R. Rahman. 2024. Keamanan Jaringan pada Perguruan Tinggi. *Jurnal Riset Sistem Informasi*. 1(3): 59-64.
- Al Ghifary, H. T., M. S. Ma'ruf, A. M. Royyan, dan G. Gunawan. 2025. Optimalisasi budidaya melon hidroponik melalui *smart farming* sistem NFT berbasis iot untuk peningkatan produktivitas dan pemberdayaan mitra di Osaka99 Agro Farm, Pati Utara, Jawa Tengah. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*. 5(5): 2319-2332.
- Ananda, S. R. P., Zain, A. A. Y. R., dan N. M. Rif'at. 2025. Sistem *monitoring* dan kontrol otomatis pada greenhouse hidroponik. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis*. 1159-1167.
- Andrian, R. (2022). Nalisis Usahatani Dan Strategi Pemasaran Sayuran Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Di Kota Pekanbaru (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Riau).
- Baskara, N. F. M. A. R., dan E. S. Wijaya. 2023. Pengembangan teknologi *smart farming* hidroponik NFT berbasis IoT pada irt sultan adam hidroponik Banjarmasin. In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat* (Vol. 5, No. 1).
- Faqih, F. dan M. Qadarin., dan A. Atoullah. 2024. Analisis Pengaruh Pertanian Modern Terhadap Kesejahteraan Ekonomi. *Jurnal Ekonomi Syariah dan Hukum Islam*. 7(2): 01-22.
- Hasibuan, M. R. R. 2023. Inovasi teknologi irigasi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian. *Open Science Framework*. pp. 1–11.
- Mulyati, E., D. Hamidin, dan M. N. Fauzan. 2021. Kelayakan teknologi IoT untuk kebun hidroponik hortikultura menggunakan Hydropo 4.0 di Perkebunan Alam Pasundan, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Industri*. 16(2) : 109–115.
- Nuryudin, A. 2024. Sistem *monitoring* dan kontrol nutrisi tanaman di hidroponik NFT menggunakan metode fuzzy mamdani. *Jurnal Teknik Elektro*. 17(1) : 44-50.
- Perdana, A. L., dan S. Suharni. 2022. Penerapan Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique (NFT) Di Sman 16 Gowa. *Community Development Journal : Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 3(2): 756–761.
- Purwantini, T. B., dan S. H. Susilowati. 2018. Dampak Penggunaan Alat Mesin Panen terhadap Kelembagaan Usaha Tani Padi. *Analisis Kebijakan Pertanian*.
- Puspita, Y., T. Y. R. Syah, E. Hamdi, dan K. sunaryanto. 2025. Perencanaan keuangan pada produsen beras premium berbasis teknologi *smart farming* di PT Agro Panca Unggul. *Jurnal Ekonomi, Akutansi dan Manajemen Nusantara*. 4(2): 115-123.
- Rahmadi, L., M. Kom, I. Hadiyanto, dan R. Sanjaya. 2024. *Smart farming* hidroponik teknologi pertanian masa depan: “mengungkap potensi pertanian modern *smart farming*”. *LD MEDIA*.
- Roring, R. F., dan N. A. Mamarimbing. 2025. Tinjauan water quality berbasis internet of things (IoT) dengan parameter tds, pH dan temperatur dari tiga sumber berbeda di Kec. Kakas, Kabupaten Minahasa. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 1(2), 51-60.
- Rumokoy, S. N., S. B. Dodie, A. Warokka, dan K. L. R. Mansauda. 2025. Konsep desain sistem hidroponik vertikal berbasis IoT bertenaga surya. *Jurnal Elektrik*. 4(1):13-20.
- Setiawan, N. D., 2018. Otomasi Pencampur nutrisi hidroponik sistem NTF (nutrient film technique) berbasis arduino mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*. 3(2).
- Suprila, L., Y. Azis, dan N. Budiwati. 2023. Analisis faktor produksi usahatani selada sistem hidroponik pada komunitas petani hidroponik Kalimantan Selatan. *Frontier Agribisnis*. 7(3) : 411-420.
- Veronika, R., D. Tooy dan D. P. M. Ludong. 2025. Engineering Study of The Nutrient Film Technique (NFT) System with Flow Rate and Channel Slope Modification on The Growth and Yield of Kale (Brassica Oleracea L.). *J. Teknologi Pertanian*. 16(1):1-14
- Wahyuni, E. S., A. Febrianto, dan N. Furoidah. 2023. Uji berbagai media tanam hidroponik sistem NFT terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman caisim (Brassica chinensis var. parachinensis) dan kangkung (Ipomoea aquatica F.). *Jurnal Bioshell*. 12(2) : 141–150.
- Wardhana, A. S., M. Ferdiansyah dan S. K. Kholifah. 2025. Desain dan prototipe integrasi iot dalam pertanian hidroponik cerdas berbasis energi terbarukan. *J. Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*. 6(1): 105-114
- Veronika, R., D. Tooy dan D. P. M. Ludong. 2025. Engineering study of the nutrient film technique (NFT) system with flow rate and channel slope modification on the growth and yield of kale (Brassica Oleracea L.). *J. Teknologi Pertanian*. 16(1):1-14.

Teknologi Panen Air untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian

Rima Purnamayani¹, M. Adrian Munaf Karim¹, Husna Alfiani¹, Kharissa Nurmanita¹, Intan Yudia Nirmala², Yanuar Budi Haristono²

⁽¹⁾BRMP Agroklimat dan Hidrologi Pertanian

⁽²⁾Sekretariat BRMP

RINGKASAN

Perubahan iklim global berdampak signifikan terhadap sektor pertanian melalui meningkatnya intensitas curah hujan ekstrem dan kejadian kekeringan yang memicu ketidakstabilan produksi serta penurunan indeks pertanaman (IP). Permasalahan utama tidak hanya terletak pada perubahan pola hujan, tetapi juga pada sistem pengelolaan air yang belum optimal dan masih berorientasi pada pembuangan air, bukan pemanfaatannya. Teknologi panen air seperti embung, dam parit, dan *long storage* menjadi solusi adaptif dengan menampung kelebihan air saat musim hujan untuk dimanfaatkan sebagai irigasi suplesi pada musim kemarau. Implementasi infrastruktur tersebut mampu meningkatkan ketersediaan air, menaikkan indeks pertanaman dari satu kali menjadi dua kali atau lebih dalam setahun, serta meningkatkan produktivitas lahan. Dukungan standarisasi berbasis geospasial seperti SNI 9230:2023 dan integrasi sistem digital seperti SIAP TANAM 2.0 memperkuat efektivitas perencanaan dan pengelolaan air pertanian secara presisi, adaptif, dan berkelanjutan.

I. PENDAHULUAN

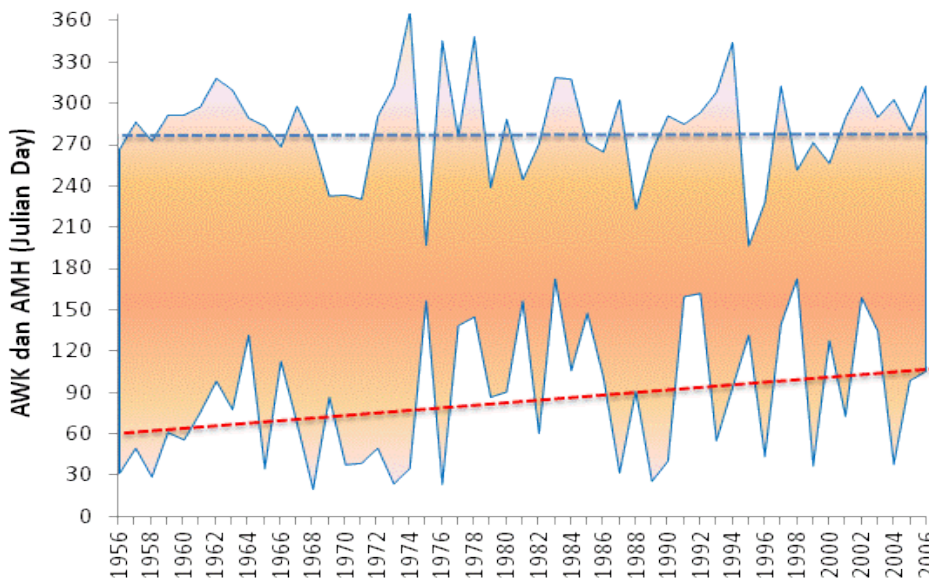
Perubahan iklim global telah memicu berbagai problematika di seluruh dunia. Salah satunya adalah problematika curah hujan. Perubahan iklim berdampak signifikan terhadap pola dan distribusi curah hujan, baik secara spasial maupun temporal. Berdasarkan analisis laju perubahan curah hujan periode 1981-2024, BMKG mencatat adanya peningkatan curah hujan ekstrem di berbagai wilayah dengan variasi antar-regional yang signifikan, terutama pada parameter curah hujan maksimum harian dan intensitas hujat lebat. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu global telah memperkuat siklus hidrologi, sehingga memicu intensitas hujan yang lebih tinggi dalam periode waktu yang lebih singkat sekaligus meningkatkan frekuensi kejadian hujan ekstrem. Di sisi lain, variabilitas musim menjadi semakin tidak menentu, ditandai dengan pergeseran awal musim hujan dan kemarau serta meningkatnya kejadian kekeringan di beberapa wilayah. Data BNPB menunjukkan banjir adalah bencana hidrometeorologi dominan di Indonesia dengan tren meningkat setiap tahunnya, seringkali melampaui 1000 kejadian per tahun. Selain peningkatan kejadian banjir, data BNPB juga menunjukkan bahwa kekeringan masih terjadi secara periodik di berbagai wilayah Indonesia, khususnya pada musim kemarau.

Ketidakstabilan pola curah hujan tersebut berimplikasi langsung pada sektor pertanian, yakni menyebabkan pergeseran pola musim tanam, ketidakpastian awal tanam, serta fluktuasi ketersediaan air yang sulit diprediksi. Curah hujan ekstrem tidak hanya menimbulkan genangan dan banjir pada lahan sawah, tetapi juga meningkatkan risiko erosi, kerusakan struktur tanah, serta gangguan terhadap sistem irigasi dan drainase. Di sisi lain, ketika memasuki musim kemarau, banyak wilayah justru mengalami defisit air yang berdampak pada penurunan luas tanam dan produktivitas pertanian. Hasil penelitian Ruminta *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa perubahan curah hujan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan produksi padi di Kabupaten Garut.

Data historis BMKG menunjukkan bahwa awal musim kemarau cenderung datang lebih awal (maju), sedangkan awal musim hujan mengalami keterlambatan (mundur). Dari perkembangan iklim di Indonesia tersebut, diproyeksikan bahwa pada periode tahun 2020-2049 panjang dari musim hujan akan berkurang sekitar 10-20 hari pada Sebagian besar Indonesia, dan pada beberapa area bahkan akan berkurang lebih dari 20 hari. Efek yang akan ditimbulkan dari kejadian tersebut adalah musim hujan akan mengalami keterlambatan yang lumayan lama dan membuat musim tanam menjadi lebih pendek.

Ketidakseimbangan distribusi air pada musim kemarau dan musim hujan menunjukkan bahwa persoalan utama tata kelola air pertanian bukan semata pada besarnya curah hujan, melainkan pada belum optimalnya sistem tata kelola air yang mampu mengantisipasi variabilitas iklim secara menyeluruh. Pendekatan konvensional yang berfokus pada pembuangan kelebihan air secara cepat terbukti kurang adaptif dalam menghadapi pola hujan yang semakin tidak menentu. Sistem drainase yang terbatas, sedimentasi saluran, serta kurangnya infrastruktur penampung air menyebabkan limpasan permukaan tidak dimanfaatkan secara optimal dan justru menimbulkan kerugian.

Oleh karena itu, diperlukan adanya transformasi menuju sistem manajemen air yang tidak hanya berorientasi pada pengendalian banjir, tetapi juga pada konservasi dan pemanfaatan air hujan sebagai sumber daya strategis. Teknologi panen air melalui pembangunan embung, dam parit, dan *long storage* menjadi solusi inovatif yang mampu menampung kelebihan air pada musim hujan untuk kemudian dimanfaatkan sebagai irigasi suplesi pada musim kemarau.



Gambar 6. Data Historis Trend Awal Musim Kemarau dan Awal Musim Hujan pada DAS Citarum
 Sumber : BMKG dan Hasil Analisis

Penguatan pendekatan ini semakin relevan dengan adanya dukungan standardisasi melalui SNI 9230:2023 tentang Spesifikasi Informasi Geospasial Penetapan Zona Pengembangan Infrastruktur Panen Air, yang memastikan pembangunan dilakukan secara tepat lokasi dan berbasis analisis hidrologi. Selain itu, integrasi teknologi digital seperti SIAP TANAM 2.0 memungkinkan perencanaan tanam dan pengelolaan air dilakukan secara presisi berdasarkan data iklim dan neraca air tanaman. Sinergi antara inovasi infrastruktur, standardisasi teknis, dan sistem informasi digital tersebut menjadi fondasi penting dalam membangun sistem pertanian yang adaptif, produktif, dan berkelanjutan di tengah tantangan perubahan iklim.

Warta ini bertujuan untuk menganalisis peran teknologi panen air sebagai solusi adaptif dalam menghadapi ketidakseimbangan pola curah hujan serta mengkaji dampaknya terhadap peningkatan produktivitas dan ketahanan pangan. Selain itu, tulisan ini bertujuan untuk menguraikan pentingnya standardisasi dan pemanfaatan teknologi digital dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan infrastruktur panen air yang presisi dan berkelanjutan.

Pembahasan dalam warta ini meliputi analisis anomali iklim dan tantangan pengelolaan air pertanian, konsep dan kerangka teoretis teknologi panen air, implementasi infrastruktur panen air di tingkat lahan, penerapan standardisasi berbasis geospasial, integrasi teknologi digital dalam manajemen air pertanian, serta dampak penerapan teknologi panen air terhadap produktivitas dan ketahanan pangan. Pembahasan difokuskan pada aspek teknis, kelembagaan, dan sistem informasi sebagai fondasi pengembangan pertanian modern yang tangguh terhadap perubahan iklim.

II. ANOMALI IKLIM DAN TANTANGAN PENGELOLAAN AIR PERTANIAN

Anomali iklim yang ditandai dengan peningkatan intensitas dan frekuensi curah hujan ekstrem telah menjadi tantangan nyata bagi sistem produksi pertanian di Indonesia. Menurut Suhadi *et al.*, (2023), perubahan kondisi iklim seringkali memengaruhi fenomena cuaca, seperti terjadinya curah hujan ekstrem. Perubahan distribusi hujan, baik secara spasial maupun temporal, menyebabkan ketidakseimbangan tata air di lahan pertanian. Pada satu sisi, kelebihan air memicu limpasan permukaan yang tinggi, genangan berkepanjangan, dan risiko banjir. Di sisi lain, ketersediaan air pada musim kemarau tetap tidak terjamin. Ketidakpastian ini berdampak langsung pada penurunan produktivitas, meningkatnya biaya produksi, serta kerentanan petani terhadap gagal panen. Selain itu, perubahan iklim juga menyebabkan perubahan curah hujan yang berimplikasi pada berkurangnya areal sawah, perubahan debit air sungai dan tanah, jebolnya tanggul sungai, peningkatan ancaman bencana banjir dan kekeringan, penurunan kualitas hasil, penurunan indeks pertanaman, dan peningkatan serangan hama dan penyakit (Hidayatullah *et al.*, 2019).

Permasalahan utama bukan hanya pada perubahan pola curah hujan, melainkan pada belum optimalnya sistem pengelolaan air. Infrastruktur drainase yang terbatas, sedimentasi saluran irigasi, serta belum terintegrasinya sistem tata air menyebabkan kelebihan air tidak dapat dikendalikan secara efektif. Dalam konteks ini, pendekatan konvensional yang berorientasi pada pembuangan air secara cepat terbukti kurang adaptif terhadap pola hujan ekstrem yang semakin tidak menentu. Diperlukan transformasi menuju sistem manajemen air yang mampu mengendalikan, menyimpan, dan memanfaatkan air secara terencana. Salah

satu transformasi yang dapat dilakukan adalah penguatan tata kelola air berbasis teknologi sebagai bagian dari strategi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian. Pendekatan ini mencakup integrasi antara irigasi, drainase, dan rekayasa tata air lahan yang dirancang secara presisi. Dengan manajemen yang tepat, curah hujan tinggi tidak lagi dipandang sebagai ancaman semata, tetapi sebagai sumber daya potensial yang dapat mendukung peningkatan produksi. Tantangan pengelolaan air pertanian di era anomali iklim juga menuntut sinergi antara kebijakan, infrastruktur, dan pemanfaatan data hidrologi serta iklim. Transformasi ini menjadi fondasi penting dalam membangun sistem pertanian yang lebih tangguh, adaptif, dan berkelanjutan di tengah dinamika perubahan iklim global.

III. KONSEP DAN KERANGKA TEORETIS TEKNOLOGI PANEN AIR

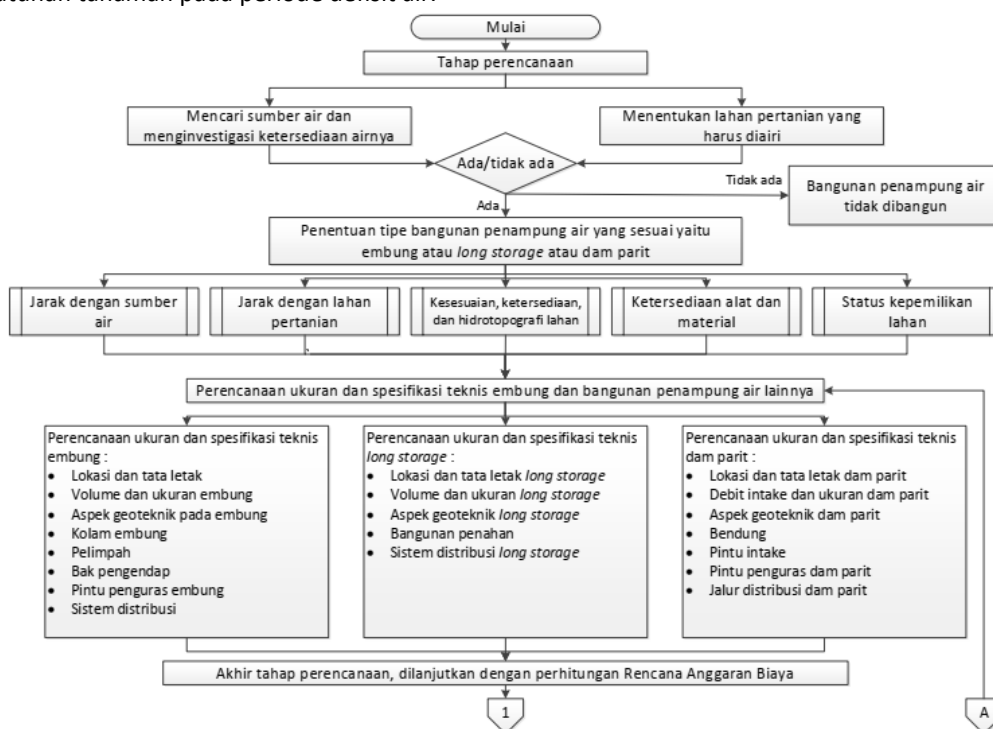
Teknologi panen air hujan (*rainwater harvesting*) merupakan pendekatan pengelolaan sumber daya air yang berfokus pada penangkapan, penyimpanan, dan pemanfaatan kembali air hujan secara terencana. Secara teoretis, konsep ini berangkat dari prinsip neraca air (*water balance*), yaitu curah hujan dipandang sebagai input utama yang dapat dioptimalkan melalui pengendalian limpasan, peningkatan infiltrasi, dan penyimpanan dalam tampungan buatan. Dalam sistem pertanian, pendekatan ini bertujuan mengurangi kehilangan air akibat aliran permukaan sekaligus menjadikannya cadangan strategis untuk mendukung kebutuhan tanaman pada periode defisit air.

Berbeda dengan paradigma konvensional yang menitikberatkan pada percepatan pembuangan air untuk mencegah genangan, teknologi panen air menempatkan air hujan sebagai faktor produksi. Kerangka teoretisnya mencakup integrasi antara teknik konservasi tanah dan air, rekayasa hidrologi skala mikro, serta manajemen irigasi suplesi. Melalui pendekatan ini, risiko hidrometeorologi seperti banjir, erosi, dan kekeringan dapat ditekan secara simultan, sehingga tercipta sistem tata air yang lebih stabil dan adaptif terhadap variabilitas iklim.

Secara konseptual, keberhasilan teknologi panen air ditentukan oleh kesesuaian antara karakteristik wilayah tangkapan hujan, kapasitas tampungan, dan kebutuhan air tanaman. Oleh karena itu, pendekatan ini menuntut sinergi antara perencanaan teknis, partisipasi petani, serta dukungan kebijakan dan standarisasi. Dengan landasan teoretis yang kuat dan penerapan yang sistematis, teknologi panen air berpotensi menjadi solusi strategis dalam mewujudkan sistem pertanian yang produktif, efisien, dan berkelanjutan.

IV. IMPLEMENTASI INFRASTRUKTUR PANEN AIR

Implementasi teknologi panen air dapat diwujudkan melalui pembangunan infrastruktur sederhana namun fungsional, seperti embung, dam parit, dan *long storage* (Sutrisno dan Hamdani 2019). Berbagai infrastruktur ini dirancang untuk menangkap aliran permukaan saat



Gambar 7. Tahapan Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Panen Air
 Sumber: Surat Edaran Kementerian PUPR Nomor : 07/SE/M/2018

terjadi hujan lebat, kemudian menyimpannya sebagai cadangan air yang dapat dimanfaatkan kembali pada

periode kering. Secara teknis, sistem tersebut bekerja dengan memperlambat aliran air, meningkatkan waktu

tinggal (*retention time*), serta mengurangi beban limpasan yang masuk ke saluran drainase utama. Dengan demikian, tekanan terhadap lahan pertanian akibat genangan dan erosi dapat diminimalkan.

1. Embung

Embung merupakan bangunan penampung air berukuran relatif kecil hingga menengah yang dibangun untuk menampung limpasan air hujan dan aliran permukaan. Embung berfungsi sebagai cadangan air irigasi suplesi pada musim kemarau serta sebagai pengendali banjir skala mikro di lahan pertanian. Selain meningkatkan ketersediaan air, embung juga berperan dalam menjaga kelembapan tanah dan mendukung peningkatan Indeks Pertanaman (IP).

2. Dam parit

Dam parit adalah bangunan penahan aliran yang dibangun melintang pada saluran atau parit alami untuk memperlambat aliran air dan meningkatkan infiltrasi. Infrastruktur ini efektif dalam mengurangi kecepatan limpasan, menekan potensi erosi, serta meningkatkan cadangan air tanah di sekitar lahan pertanian. Dam parit umumnya bersifat sederhana, berbiaya relatif rendah, dan mudah diterapkan pada wilayah dengan topografi bergelombang.

3. Long storage

Long storage merupakan sistem penyimpanan air berbentuk memanjang yang memanfaatkan alur sungai kecil atau saluran eksisting untuk meningkatkan kapasitas tampungan. Infrastruktur ini berfungsi menahan air lebih lama dalam sistem saluran sehingga dapat dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan irigasi. Dibandingkan embung, *long storage* lebih sesuai diterapkan pada wilayah dengan alur air permanen dan kebutuhan distribusi air yang lebih luas. Selain fungsi mitigasi, infrastruktur panen air berperan penting dalam menyediakan irigasi suplesi pada masa peralihan musim. Air yang tertampung dapat dialirkan kembali ke lahan sawah ketika curah hujan menurun, sehingga siklus tanam tidak terhenti. Kondisi ini memungkinkan peningkatan Indeks Pertanaman (IP) dari satu kali tanam menjadi dua kali atau lebih dalam setahun, tergantung pada kapasitas tampungan dan kebutuhan air tanaman. Menurut Nardi *et al.*, (2021), adanya embung berperan dalam meningkatkan Indeks Pertanaman (IP) dan meningkatkan produksi padi. Hasil penelitiannya di Kabupaten Bogor menunjukkan bahwa setelah dibangunnya embung, terdapat peningkatan sebesar 20% pada petani padi yang melakukan penanaman dengan IP 300. Dengan ketersediaan air yang lebih terjamin, produktivitas lahan dapat dioptimalkan tanpa sepenuhnya bergantung pada sistem irigasi besar.

Dalam implementasinya, pembangunan infrastruktur panen air memerlukan perencanaan teknis yang matang. Berdasarkan surat edaran Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor : 07/SE/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Embung Kecil dan Bangunan Penampung Air Lainnya di Desa, perencanaan dilakukan mulai dari mencari keberadaan sumber air, mengukur jarak infrastruktur dengan sumber air, memeriksa status kepemilikan lahan, hingga memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Partisipasi petani dan dukungan kelembagaan juga menjadi faktor kunci agar infrastruktur yang dibangun dapat dipelihara dan dimanfaatkan secara berkelanjutan. Dengan integrasi antara aspek teknis dan sosial, implementasi panen air di tingkat lahan menjadi instrumen strategis untuk memperkuat ketahanan pertanian terhadap variabilitas iklim sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya air.

Implementasi infrastruktur panen air harus disertai dengan perencanaan yang baik. Dalam perencanaannya, infrastruktur seperti embung, dam parit dan *long storage* harus dilakukan analisis hidrologi yang mendalam untuk menentukan dimensi dan efektivitas teknis infrastruktur tersebut. Apabila sumber air berasal dari air permukaan, maka perlu penentuan debit rencana dilakukan dengan mempertimbangkan siklus hidrologi lokal, luas daerah tangkapan air (*catchment area*), dan intensitas curah hujan dengan periode ulang tertentu, biasanya 5 hingga 25 tahun tergantung pada skala risiko. Pada embung, fokus utama terletak pada optimalisasi volume tampungan mati (*dead storage*) dan tampungan efektif untuk memenuhi kebutuhan air di musim kemarau. Sementara itu, pada dam parit, desain hidrologi lebih ditekankan pada pengendalian kecepatan arus dan peningkatan laju infiltrasi tanpa mengganggu stabilitas aliran sungai. Di sisi lain, *long storage* memanfaatkan geometri saluran yang memanjang, di mana kapasitas simpanannya sangat bergantung pada kemiringan dasar saluran dan tinggi muka air maksimum agar tidak menyebabkan luapan (*backwater*) yang merugikan area hulu.

Secara teknis, ketiga infrastruktur ini memiliki kompleksitas konstruksi yang memengaruhi struktur biaya pembangunan. Embung memerlukan pekerjaan tanah yang masif, termasuk galian, timbunan pematat untuk tubuh bendung, dan pembangunan pelimpah (*spillway*) untuk mengantisipasi banjir. Biaya investasi pada embung seringkali didominasi oleh pengadaan material kedap air (seperti *geomembrane* atau inti lempung) dan upah tenaga kerja mekanis. Selain itu penentuan material kedap air sangat mempengaruhi RAB dari infrastruktur tersebut. Penggunaan material *geomembrane* lebih murah dibandingkan dengan penggunaan material beton. Sebaliknya, dam parit umumnya memiliki biaya yang lebih rendah karena konstruksinya yang sederhana, seringkali

menggunakan material lokal seperti pasangan batu atau bronjong untuk menahan aliran permukaan di parit alami. *Long storage* memerlukan investasi signifikan pada normalisasi saluran dan perkuatan tebing (*revetment*) guna menjaga stabilitas kapasitas tampung dalam jangka panjang. Efisiensi biaya dalam ketiga struktur ini sangat dipengaruhi oleh aksesibilitas lokasi dan ketersediaan material konstruksi di sekitar area pembangunan. Penggunaan material sangat berpengaruh kepada umur dari infrastruktur tersebut. Semakin kuat material yang digunakan maka semakin lama umur layanan infrastruktur dan semakin kuat material yang digunakan maka semakin mahal biaya yang dibutuhkan.

Dari segi kelayakan ekonomi, pembangunan embung, dam parit, dan *long storage* harus dilengkapi dengan parameter finansial seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR). Parameter manfaat biasanya dikuantifikasi melalui peningkatan produktivitas lahan pertanian (peningkatan indeks pertanaman), penghematan biaya pengadaan air bagi luas layanan, serta reduksi risiko gagal panen akibat kekeringan. Mengingat umur rencana infrastruktur yang bervariasi antara 10 hingga 20 tahun, biaya operasional dan pemeliharaan (*O&P*) harus diintegrasikan dalam proyeksi arus kas. Secara umum, dam parit seringkali menunjukkan nilai BCR yang paling kompetitif untuk skala kecil karena biaya kapital yang rendah, sedangkan embung dan *long storage* memberikan kepastian ketersediaan air yang lebih stabil (reliabilitas tinggi) yang mampu menjustifikasi investasi awal yang lebih besar dalam jangka panjang.

V. ANALISIS RISIKO DAN KETERBATASAN PENERAPAN TEKNOLOGI PANEN AIR

Meskipun teknologi panen air melalui pembangunan embung, dam parit, dan *long storage* terbukti mampu meningkatkan ketersediaan air dan indeks pertanaman, penerapannya di lapangan tidak terlepas dari berbagai risiko dan keterbatasan. Berbagai kendala dapat dijumpai pada penerapan dan pengoptimalisasian teknologi panen air. Menurut Firmansyah *et al.*, (2023), implementasi embung di lapangan sering kali menghadapi kendala terkait metode pelaksanaan, yakni terkait optimalisasi pemilihan alat berat dan ketepatan manajemen waktu, terutama karena pekerjaan harus diselesaikan dalam periode musim kemarau agar tidak terganggu oleh curah hujan.

Kendala lain yang berpotensi terjadi pada penerapan teknologi panen air adalah sedimentasi pada tampungan, kerusakan konstruksi akibat kurangnya pemeliharaan, serta kapasitas tampung yang tidak sesuai dengan kondisi hidrologi setempat. Infrastruktur yang dibangun tanpa analisis daerah tangkapan air yang memadai berpotensi tidak terisi secara optimal pada musim hujan, sehingga manfaatnya menjadi terbatas pada saat musim kemarau. Menurut Kuncoro *et al.*, (2022), penerapan

embung di daerah irigasi Jurug (Kabupaten Kulon Progo) selama beberapa tahun terakhir mengalami pendangkalan akibat sedimentasi yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas tampungan embung serta tertutupnya pintu *intake* irigasi akibat penumpukan sedimen.

Selain itu, keterbatasan juga dapat terjadi pada tahap perencanaan dan pelaksanaan. Perencanaan yang tidak berbasis data curah hujan, limpasan, dan kebutuhan air tanaman dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara desain dan kondisi lapangan. Dalam beberapa kasus, infrastruktur yang telah dibangun tidak dimanfaatkan secara optimal karena tidak adanya sistem operasi dan pemeliharaan yang jelas. Kurangnya koordinasi antar instansi serta keterbatasan pengawasan teknis juga dapat mengurangi umur layanan bangunan. Faktor lainnya juga dapat terjadi seperti dalam hasil penelitian Astuti *et al.*, (2022) mengenai pembangunan embung Sedodok di Desa Manuk (Kabupaten Ponorogo). Menurut Astuti *et al.*, (2022), pembangunan embung mengalami kendala akibat kekurangan dana, pandemi COVID-19, serta akses jalan yang relatif sulit.

Untuk meminimalkan berbagai risiko tersebut, diperlukan pendekatan perencanaan yang berbasis data hidrologi dan geospasial, serta mengacu pada standar teknis yang berlaku. Pemeliharaan berkala, *monitoring* kinerja bangunan, dan penyusunan standar operasional pengelolaan menjadi langkah penting agar infrastruktur tetap berfungsi sesuai tujuan. Keterlibatan pemerintah daerah, penyuluh, dan kelompok tani dalam pengelolaan juga diperlukan untuk memastikan keberlanjutan pemanfaatan infrastruktur panen air. Selain itu, untuk mengatasi kendala seperti yang diungkapkan oleh Astuti *et al.*, (2022), diperlukan strategi penguatan pendanaan melalui skema pembiayaan alternatif, seperti kolaborasi antara pemerintah pusat, daerah, dan partisipasi swasta maupun masyarakat. Dalam menghadapi kondisi darurat seperti pandemi COVID-19, diperlukan perencanaan yang adaptif melalui penjadwalan ulang kegiatan, pemanfaatan teknologi komunikasi untuk koordinasi, serta penerapan protokol kerja yang fleksibel. Sementara itu, kendala aksesibilitas lokasi dapat diatasi melalui perencanaan logistik yang matang, peningkatan infrastruktur jalan secara bertahap, atau penggunaan metode konstruksi yang disesuaikan dengan kondisi medan. Dengan demikian, analisis risiko menjadi bagian penting dalam setiap tahap pembangunan agar investasi yang dilakukan dapat memberikan manfaat jangka panjang.

Penerapan implementasi infrastruktur panen air di tingkat tapak seringkali mengungkapkan bahwa tantangan non-teknis jauh lebih kompleks daripada kalkulasi hidrologinya. Masalah non-teknis yang sering dihadapi antara lain prioritas dan keterbatasan dana desa, konflik agraria, transisi tata kelola dan resistensi terhadap perubahan, dan kurangnya partisipasi masyarakat. Meskipun Dana Desa dialokasikan secara rutin,

implementasi embung atau *long storage* seringkali terbentur pada skala prioritas anggaran. Pembangunan infrastruktur panen air memerlukan investasi awal yang besar (*high capital expenditure*), sementara pemerintah desa seringkali berada di bawah tekanan untuk membagi anggaran ke sektor jangka pendek seperti bantuan langsung, pengerasan jalan, atau renovasi kantor desa yang hasilnya lebih cepat terlihat secara visual. Akibatnya, proyek pembangunan infrastruktur air seringkali dikerjakan secara bertahap atau dengan material seadanya, yang justru menurunkan reliabilitas teknis dan memperpendek umur pakai bangunan.

Selain dana desa, konflik agraria juga sering menjadi masalah yang muncul ketika pembangunan dimulai. Hambatan paling krusial dan sering terjadi di lapangan adalah pembebasan lahan. Pembangunan embung memerlukan area yang cukup luas, yang seringkali merupakan lahan produktif milik warga. Tanpa mekanisme ganti rugi yang jelas atau skema hibah lahan yang transparan, resistensi masyarakat akan muncul. Sering terjadi "ego sektoral" di mana pemilik lahan di area hulu (tempat bangunan fisik berdiri) merasa tidak mendapatkan manfaat langsung dibandingkan petani di area hilir yang menerima distribusi air.

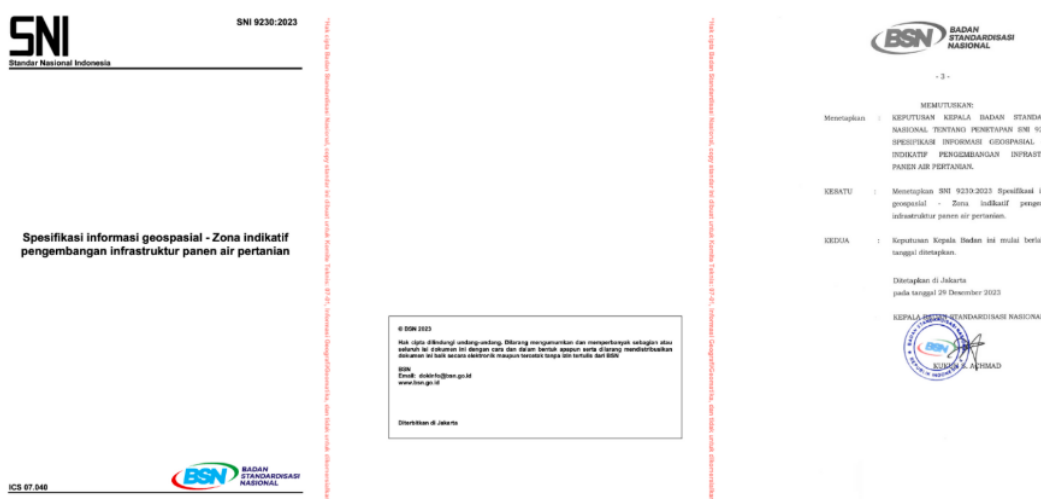
Transisi tata kelola dan resistensi terhadap perubahan juga sering menjadi masalah yang dihadapi. Perubahan dari sistem pengairan tradisional (atau ketergantungan penuh pada hujan) menjadi sistem yang teratur melalui dam parit atau *long storage* sering kali memicu resistensi kelembagaan karena merubah pola tanam yang sudah turun temurun dilakukan dan mengubah formalisasi air yang tadinya "bebas" kini menjadi "diatur".

Masalah klasik lain dalam proyek infrastruktur perdesaan khususnya panen air adalah partisipasi masyarakat seringkali tinggi pada saat seremoni

pembangunan atau kerja bakti konstruksi, namun menurun drastis saat memasuki fase pemeliharaan. Kurangnya rasa kepemilikan menyebabkan saluran *long storage* cepat mengalami pendangkalan akibat sampah atau sedimen, dan pintu air pada dam parit seringkali rusak karena tidak dirawat. Tanpa edukasi mengenai keberlanjutan fungsi infrastruktur, bangunan tersebut hanya akan menjadi monumen beton yang tidak berfungsi optimal dalam beberapa tahun ke depan.

VI. STANDARDISASI DAN PERENCANAAN BERBASIS GEOSPASIAL

Keberhasilan pembangunan infrastruktur panen air tidak hanya ditentukan oleh desain teknis, tetapi juga oleh ketepatan penentuan lokasi dan kesesuaian karakteristik wilayah. Tanpa analisis yang akurat, pembangunan embung atau dam parit berisiko tidak optimal, baik dari sisi kapasitas tampungan maupun efektivitas pengendalian limpasan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis informasi geospasial menjadi krusial dalam memastikan bahwa setiap unit infrastruktur dibangun pada zona yang memiliki potensi tangkapan air memadai serta kebutuhan irigasi yang jelas. Dalam konteks ini, penerapan Standar Nasional Indonesia (SNI) 9230:2023 tentang Spesifikasi Informasi Geospasial Penetapan Zona Pengembangan Infrastruktur Panen Air memberikan kerangka normatif yang sistematis. Standar tersebut mengatur parameter teknis seperti analisis kemiringan lahan, pola aliran permukaan, intensitas curah hujan, jenis tanah, hingga deliniasi daerah tangkapan air. Dengan adanya pedoman baku, proses identifikasi lokasi tidak lagi bersifat subjektif atau berbasis asumsi semata, melainkan didasarkan pada data hidrologi dan spasial yang terukur.



Gambar 8. Tampilan SNI 9230:2023
 Sumber : agroklimat.brmp.pertanian.go.id

Perencanaan berbasis geospasial juga memungkinkan integrasi berbagai lapisan data (*overlay analysis*), seperti peta topografi, penggunaan lahan, dan

jaringan irigasi eksisting. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi titik-titik prioritas pembangunan serta meminimalkan potensi konflik pemanfaatan ruang. Selain

meningkatkan akurasi, penggunaan data geospasial mendukung efisiensi investasi karena infrastruktur dibangun sesuai kebutuhan dan kapasitas wilayah.

Lebih jauh, standardisasi berfungsi sebagai instrumen pengendalian mutu (*quality control*) dalam siklus pembangunan, mulai dari tahap perencanaan, konstruksi, hingga evaluasi kinerja infrastruktur. Dengan mengacu pada standar nasional, keberlanjutan dan daya tahan bangunan dapat lebih terjamin, sekaligus memperkuat akuntabilitas penggunaan anggaran publik. Melalui kombinasi antara standardisasi teknis dan perencanaan berbasis geospasial, pengembangan infrastruktur panen air menjadi lebih presisi, terukur, dan selaras dengan prinsip pembangunan pertanian modern yang adaptif terhadap perubahan iklim.

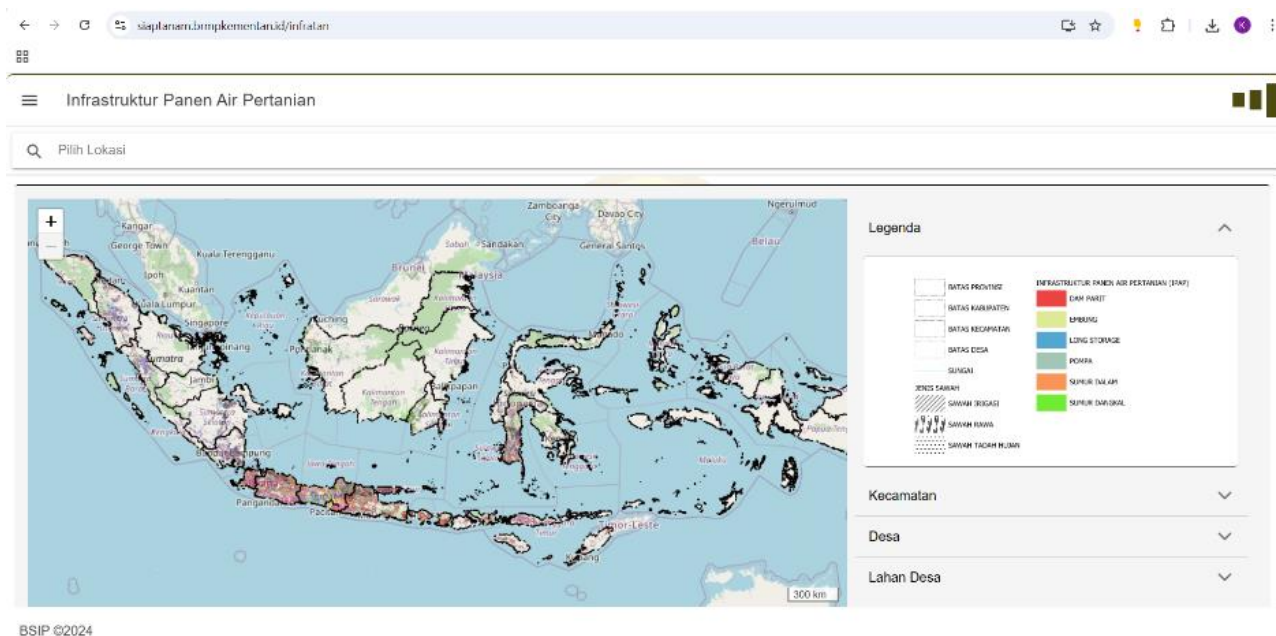
VII. INTEGRASI TEKNOLOGI DIGITAL DALAM MANAJEMEN AIR PERTANIAN

Transformasi pengelolaan air pertanian di era modern tidak terlepas dari pemanfaatan teknologi digital sebagai instrumen pendukung pengambilan keputusan. Integrasi berbagai data iklim, hidrologi, hingga karakteristik lahan dalam satu sistem informasi memungkinkan perencanaan yang lebih presisi dibandingkan pendekatan manual atau berbasis pengalaman semata. Dalam konteks pengembangan infrastruktur panen air, sistem digital berperan dalam menganalisis kebutuhan wilayah, menentukan prioritas pembangunan, serta memproyeksikan manfaat teknis dan agronomis yang dapat dicapai.

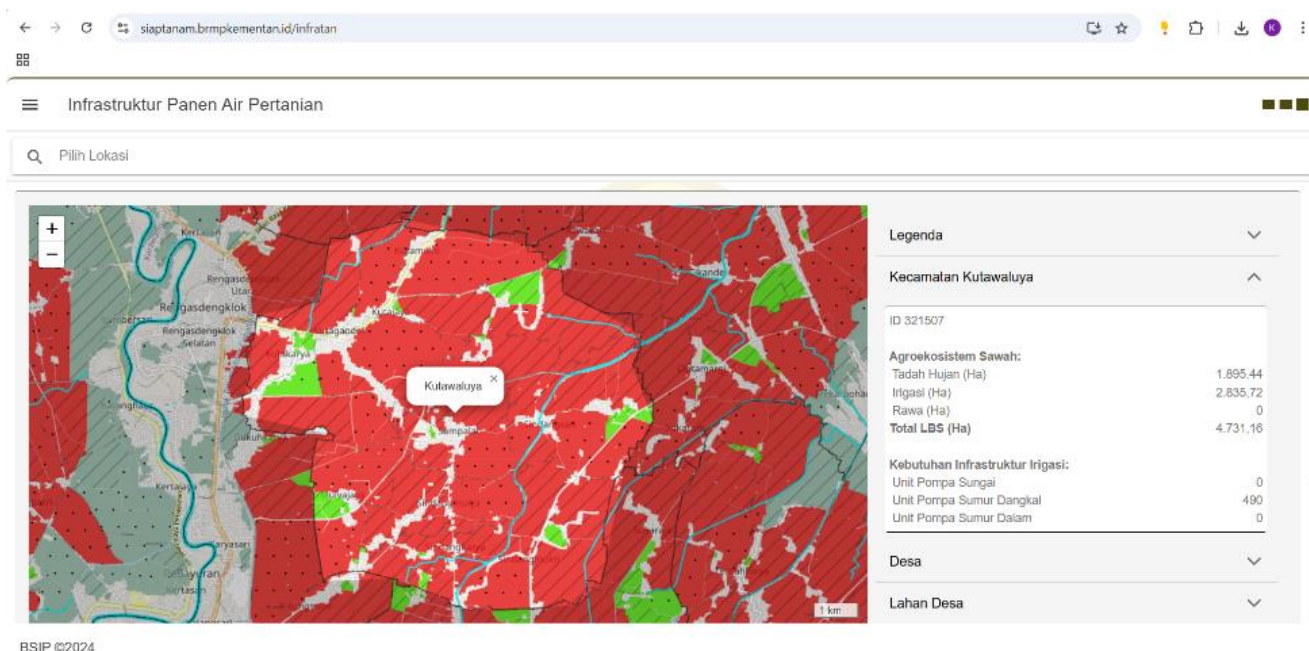
Pemanfaatan aplikasi SIAP TANAM 2.0 menjadi contoh konkret integrasi teknologi digital dalam manajemen air untuk pertanian. Aplikasi SIAP TANAM 2.0 menyediakan berbagai fitur dalam pelayanannya. Sistem ini memanfaatkan prediksi curah hujan dan analisis

ketersediaan air untuk memberikan rekomendasi waktu tanam, pola tanam, dan luas tanam bagi komoditas utama seperti padi, jagung, dan kedelai, sehingga perencanaan dapat disesuaikan dengan kondisi iklim dan sumber daya air di wilayah tertentu. Selain itu, SIAP TANAM 2.0 menyediakan informasi terkait neraca air tanaman (ketersediaan air, kebutuhan air, dan defisit), serta rekomendasi optimasi produksi seperti irigasi suplesi, varietas tanaman, dan kebutuhan pupuk yang diperlukan untuk mendukung produktivitas. Sistem ini disusun secara sederhana agar mudah dipahami dan digunakan dalam operasional maupun sebagai masukan kebijakan dari tingkat nasional hingga kecamatan. Dalam konteks infrastruktur panen air pertanian, SIAP TANAM 2.0 menyediakan layanan informasi Infrastruktur Panen Air Pertanian (IPAP) yang telah dibangun hingga level kecamatan, desa, bahkan lahan.

Integrasi teknologi digital juga mendukung prinsip pertanian presisi (*precision agriculture*), di mana setiap keputusan didasarkan pada analisis data aktual dan proyeksi risiko. Dalam pengelolaan air, hal ini berarti pembangunan embung atau dam parit dilakukan berdasarkan estimasi curah hujan, kapasitas limpasan, serta kebutuhan air tanaman yang terukur. Selain meningkatkan akurasi, pendekatan berbasis data meminimalkan potensi kesalahan perencanaan yang dapat berdampak pada pemborosan anggaran atau ketidakefektifan infrastruktur. Selain itu, sistem digital membuka peluang penguatan koordinasi antara pemerintah, penyuluh, dan petani melalui akses informasi yang lebih transparan dan real time. Data yang terintegrasi dapat digunakan untuk evaluasi berkala terhadap kinerja infrastruktur panen air dan penyesuaian strategi tata kelola air sesuai dinamika iklim. Dengan demikian, integrasi teknologi digital menjadi elemen kunci dalam mewujudkan manajemen air pertanian yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.



Gambar 9. Layanan “Infrastruktur Panen Air” Skala Nasional
Sumber : siaptanam.brmpkementan.id



Gambar 10. Layanan “Infrastruktur Panen Air” Skala Nasional
 Sumber : siaptanam.brmpkementan.id

VIII. DAMPAK PENERAPAN TEKNOLOGI PANEN AIR TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN KETAHANAN PANGAN

Penerapan teknologi panen air memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas pertanian, khususnya di wilayah yang rentan terhadap fluktuasi curah hujan. Dengan berkurangnya limpasan permukaan dan genangan, kondisi lahan menjadi lebih stabil untuk pertumbuhan tanaman, sehingga risiko gagal panen dapat ditekan. Air yang tertampung dalam embung, dam parit, maupun *long storage* berfungsi sebagai cadangan strategis yang dapat dimanfaatkan saat terjadi penurunan curah hujan. Ketersediaan air yang lebih terjamin ini memungkinkan tanaman tumbuh optimal sepanjang siklus budidaya.

Selain menjaga stabilitas produksi, teknologi panen air juga berkontribusi terhadap peningkatan Indeks Pertanaman (IP) (Muhardiono dan Arthamefia 2024). Lahan yang sebelumnya hanya mampu ditanami satu kali dalam setahun dapat ditingkatkan menjadi dua kali atau lebih berkat adanya irigasi suplesi pada masa transisi musim. Peningkatan intensitas tanam tersebut berdampak langsung pada kenaikan *output* produksi per satuan luas lahan, sehingga efisiensi pemanfaatan sumber daya meningkat. Dengan demikian, teknologi panen air tidak hanya berfungsi sebagai alat mitigasi bencana, tetapi juga sebagai instrumen akselerasi produksi.

Dari perspektif ketahanan pangan, keberadaan infrastruktur panen air memperkuat kapasitas adaptif sektor pertanian terhadap variabilitas iklim. Ketika sistem produksi lebih stabil dan risiko gangguan akibat cuaca ekstrem dapat dikendalikan, pasokan pangan nasional menjadi lebih terjamin. Hal ini sejalan dengan upaya Kementerian

Pertanian dalam membangun sistem pertanian yang tangguh dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, dampak teknologi panen air bersifat multidimensional, mencakup aspek teknis, ekonomi, dan ketahanan pangan. Efektivitasnya dalam mengurangi risiko hidrometeorologi sekaligus meningkatkan produktivitas menjadikan teknologi ini sebagai strategi kunci dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Oleh karena itu, pengembangan dan replikasi infrastruktur panen air secara terencana dan berbasis data menjadi langkah strategis dalam memperkuat fondasi pembangunan pertanian nasional.

IX. PENUTUP

Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan intensitas dan frekuensi curah hujan ekstrem telah menimbulkan tantangan serius bagi sistem produksi pertanian, khususnya dalam pengelolaan tata air lahan. Teknologi panen air melalui pembangunan embung, dam parit, *long storage*, dan dukungan pompa menjadi solusi adaptif yang mampu mengurangi limpasan, menekan risiko genangan, serta menyediakan cadangan air pada musim kemarau. Penerapan infrastruktur ini terbukti meningkatkan Indeks Pertanaman dan menjaga stabilitas produktivitas lahan, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai mitigasi bencana, tetapi juga sebagai instrumen peningkatan produksi. Keberhasilan implementasi semakin diperkuat oleh standarisasi berbasis geospasial melalui SNI 9230:2023 dan integrasi teknologi digital seperti SIAP TANAM 2.0 yang mendukung perencanaan presisi berbasis data. Dengan pendekatan terpadu antara inovasi infrastruktur, standarisasi teknis, dan sistem informasi digital, teknologi panen air menjadi strategi kunci dalam

membangun sistem pertanian yang adaptif, produktif, dan berkelanjutan di tengah dinamika perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri Y, Falihin D. 2022. Pengaruh pembangunan embung (penampungan air) terhadap hasil panen petani di Desa Paccekke Kecamatan Soppeng Riaja Kabupaten Barru. *Soc Landsc J.* 3(3):112.
- Astuti RS, Nasution RD, Harsono J, Djuwitaningsih EW. 2022. Analisis pembangunan embung Sedodok dalam rangka pengembangan potensi Desa Manuk Kecamatan Siman Kabupaten Ponorogo. *JISIP.* 6(3):9974-9981.
- Badan Pusat Statistik. 2025. Jumlah penduduk pertengahan tahun – ribu jiwa. Badan Pusat Statistik. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa-.html>. Diakses 4 Maret 2026.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2026. Analisis laju perubahan curah hujan. BMKG. Tersedia pada: <https://www.bmkg.go.id/iklim/analisis-laju-perubahan-curah-hujan>.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2025. Data informasi bencana Indonesia: Tren kejadian banjir tahun 2015-2025. Jakarta: BNPB. Tersedia pada : <https://gis.bnpb.go.id>
- Badan Standardisasi Nasional. 2023. SNI 9230:2023, Spesifikasi informasi geospasial penetapan zona pengembangan infrastruktur panen air. Jakarta : BSN
- Firmansyah R, Suryadi K, Prasetyo A. 2023. Optimization of earthmoving equipment in small-scale water reservoir construction during dry season in East Java. *J Civ Eng Sustain Infrastruct.* 6(1):45-58.
- Heryani N, Sawiyo N. 2013. Pemberian irigasi suplementer pada lahan kering berbasis kearifan lokal untuk meningkatkan produktivitas lahan. *Proc Semin Nas Mat Sains Teknol.* 4:58-71
- Hidayatullah ML, Aulia BU. 2019. Identifikasi dampak perubahan iklim terhadap pertanian tanaman padi di Kabupaten Jember. *Disertasi.* Sepuluh Nopember Institute of Technology.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. SIAP TANAM 2.0 : Sistem Informasi Adaptif untuk Perencanaan Tanam. SIAP TANAM 2.0 <https://siaptanam.brmpkementan.id>
- Kuncoro AHB, Budiningrum DS, Istianah I. 2022. Analisis sedimentasi di tampungan embung daerah irigasi Jurug Lendah Kulon Progo. *Fondasi.* 11(1):88-97.
- Muhardiono I, Arthamefia D. 2024. Analisis luas potensi lahan irigasi berdasarkan neraca air Embung Kembangan. *J Sumber Daya Air.* 20(1):51-60.
- Nardi N, Nugraha, AT, Aminudin I. 2021. Peran embung terhadap indeks pertanaman padi dan faktor yang mempengaruhi produksi padi (Studi kasus lokasi embung Kabupaten Bogor, Jawa Barat). *Buana Sains,* 21(1): 39-50.
- Priyanto MW. 2021. Pengaruh perubahan iklim terhadap produk domestik regional bruto sektor pertanian. *Agritech.* 23(2):91-98.
- Ruminta R, Wicaksono FY, Narmadhia S. 2024. Identifikasi perubahan suhu dan curah hujan serta korelasinya dengan produksi padi di Kabupaten Garut Jawa Barat. *Agrikultura.* 35(3):529-538.
- Suhadi S, Mabruroh F, Wiyanto A, Ikra I. 2023. Analisis fenomena perubahan iklim terhadap curah hujan ekstrim. *Optika.* 7(1):94-100.
- Sutrisno N, Hamdani A. 2019. Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air untuk meningkatkan produksi pertanian. *J Sumberdaya Lahan.* 13(2):73-88.

SNI 9245:2024 Perkuat Produktivitas Padi-Jeruk Di Kec. Mandastana, Barito Kuala Mendukung Swasembada Pangan

Wheny Masrurroh

Balai Perakitan dan Pengujian Pertanian Lahan Rawa, Banjarbaru

RINGKASAN

Lahan rawa pasang surut memiliki potensi besar untuk pengembangan tanaman pangan dan hortikultura, namun memerlukan penataan spesifik agar bermanfaat dengan optimal. SNI 9245:2024 memberikan panduan standar teknis penataan lahan rawa pasang surut tipe luapan B, termasuk desain sistem surjan yang sesuai untuk pengaturan di lahan rawa pasang surut yang memiliki lapisan pirit dan optimasi pemanfaatan ruang tanam. Tulisan ini bertujuan mengevaluasi penerapan SNI 9245:2024 dalam pengembangan sistem surjan dengan kombinasi tanaman padi (pada tabukan) dan jeruk (pada guludan) di Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Metode pengambilan data menggunakan pendekatan deskriptif-evaluatif melalui studi dokumen standar, observasi lapangan, pengukuran komponen surjan, dan wawancara dengan petani. Hasil pengamatan evaluasi penerapan SNI 9245:2024 menunjukkan bahwa Standar tersebut telah diterapkan secara efektif, dengan penataan guludan setinggi 30–60 cm dan lebar 4-8 m, serta tabukan selebar 11- 15 m yang sesuai dengan kondisi Kec. Mandastana. Sistem surjan mampu memperbaiki keberagaman tanaman, mengurangi genangan, meningkatkan pertumbuhan jeruk, dan menjaga ketersediaan air untuk padi. Implementasi sistem surjan di Mandastana menunjukkan penilaian indikator keberhasilan Nilai Indeks Tanaman lebih besar dari 1,1. Dengan demikian, penerapan SNI 9245:2024 di Kec. Mandastana dengan tanaman Padi-Jeruk relevan sebagai panduan teknis pengelolaan lahan rawa pasang surut tipe luapan B dengan sistem Surjan. Sistem surjan di daerah tersebut merupakan contoh praktik pertanian berkelanjutan yang dapat mendukung swasembada pangan melalui pengelolaan lahan yang adaptif dan ramah lingkungan di lahan pasang surut.

I. PENDAHULUAN

Swasembada pangan berkelanjutan merupakan tantangan yang melibatkan peningkatan produksi pangan tanpa merusak sumber daya alam. Keseimbangan antara produktivitas dan pelestarian lingkungan menjadi kunci utama dalam menghadapi pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, dan degradasi sumber daya lahan. Lahan rawa pasang surut merupakan salah satu sumber daya pertanian penting di Indonesia, khususnya wilayah Kalimantan Selatan yang memiliki karakteristik unik. Optimalisasi lahan rawa khususnya lahan rawa pasang surut di Kalimantan Selatan akan bisa

menopang kemajuan pertanian Indonesia. Sebaran lahan rawa di Kalimantan Selatan terluas rawa pasang surut 1.032.184 ha (49,08%), rawa gambut 800.257 ha (38,05% dan rawa lebak 270.547 ha (12,87%). Sebaran luasan tipologi lahan rawa di Kalimantan Selatan tipologi potensial 1.178.821 ha, tipologi gambut 758.129 ha dan tipologi sulfat masam 166.038 ha. Sebaran lahan rawa berdasarkan tipe luapan tipe C seluas 1.009.370 ha, tipe B seluas 458.712, tipe A seluas 150.263 ha dan tipe D seluas 24.953 ha (Hatmoko, *et al.*, 2025). Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala termasuk dalam tipe luapan B.

Tantangan di lahan rawa pasang surut meliputi genangan, fluktuasi pasang, dan adanya lapisan pirit pada kedalaman tanah. Ketersediaan air yang melimpah pada lahan pasang surut dibarengi dengan kondisi drainase tanah yang buruk saat air pasang. Hal ini mengakibatkan genangan air berlangsung dalam waktu yang lama pada lahan pertanian. Tanah yang tergenang dalam waktu yang cukup lama dapat meningkatkan konsentrasi Fe^{2+} , H_2S , dan asam – asam organik (Ma'shum, 2024) yang bersifat racun bagi tanaman. Kandungan ion Al^{3+} dan Fe^{2+} cukup tinggi pada lahan rawa pasang surut dapat meracuni tanaman (Susilawati *et al.*, 2014). Oleh karena itu pengelolaan air pada lahan pasang surut berperan sangat penting guna mendukung kegiatan usaha tani.

Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala menjadi salah satu wilayah pemanfaatan lahan rawa pasang surut dengan sistem surjan. Kecamatan Mandastana termasuk kawasan yang didominasi oleh lahan rawa tipe luapan B dan C, yang menghadapi tantangan berupa fluktuasi tinggi air, kesuburan tanah yang rendah, serta risiko genangan pada musim hujan. Penataan lahan yang tidak terstandarisasi sering menghambat optimalisasi produktivitas tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan tata kelola lahan yang terstandarisasi mampu meningkatkan produktivitas tanaman karena didukung pengelolaan air dan nutrisi yang lebih efektif (Noor, 2007). Oleh karena itu, penerapan standar penataan lahan rawa menjadi komponen penting dalam sistem pertanian modern yang berorientasi pada peningkatan produksi dan keberlanjutan lingkungan.

SNI 9245:2024 diterbitkan untuk menyediakan panduan teknis penataan lahan, khususnya lahan rawa pasang surut tipe luapan B. Tulisan ini bertujuan mengevaluasi penerapan standar sistem surjan pada lahan petani. Pemerintah melalui SNI 9245:2024 tentang Penataan Lahan Rawa memberikan acuan teknis dalam perencanaan dan pembangunan sistem surjan untuk meningkatkan

efektivitas pemanfaatan lahan rawa. Sistem surjan memungkinkan diversifikasi komoditas berdasarkan ketinggian dan kondisi air. Sistem surjan merupakan paket teknologi lahan rawa yang adaptif dan mitigatif terhadap perubahan iklim (Nursyamsi, *et al.*, 2014). Bersifat adaptif karena memiliki komponen tabukan dan guludan, yang merupakan antisipasi petani terhadap resiko kekeringan dan banjir. Bersifat mitigatif karena komponen teknologinya mampu memitigasi gas rumah kaca. Di bagian guludan yang kering (oksidatif) tidak akan terbentuk emisi metana, sebab mikroba pembentuk metana tumbuh aktif dalam kondisi tergenang (reduktif).

Swasembada pangan berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui transformasi sistem pertanian yang mengintegrasikan inovasi teknologi, diversifikasi, dan kolaborasi lintas sektor, dengan tetap menjaga kelestarian sumber daya alam dan keadilan distribusi pangan. Hal ini selaras dengan tujuan pembuatan lahan dengan sistem surjan yang mengedepankan pengelolaan lahan dengan diversifikasi komoditas dan bahaya oksidasi pirit di lahan rawa pasang surut (Suriadikarta, 2012). Aplikasi sistem surjan dapat berupa tanaman padi pada bagian tabukan yang lembap dan tanaman hortikultura seperti jeruk pada guludan yang lebih tinggi dan tidak tergenang.

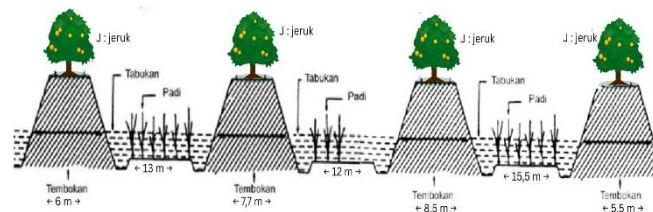
II. PENERAPAN SNI 9245:2024 DI MANDASTANA, BARITO KUALA

Salah satu inovasi pengelolaan lahan di lahan rawa pasang surut adalah sistem surjan. Surjan diambil dari bahasa Jawa yang memiliki arti garis atau larik (Nursyamsi *et al.*, 2014). Sistem surjan merupakan bentuk penataan lahan yang menerapkan perpaduan sistem sawah dengan sistem tegalan, guludan (*raised bed*) dan tabukan (*sunken bed*) yang disesuaikan dengan kondisi hidrotopografi. Guludan berfungsi meminimalkan genangan dan menyediakan ruang tanam bagi komoditas yang membutuhkan aerasi baik, sementara tabukan menjadi tempat pengelolaan air untuk tanaman yang toleran terhadap kelembapan tinggi, seperti padi.

SNI 9245:2024 memberikan standar penataan lahan rawa pasang surut tipe luapan B. Dalam SNI 9245:2024 telah mengatur dimensi penataan lahan di lahan rawa pasang surut dengan sistem surjan. Yang dimulai dari proses perencanaan hingga penilaian keberhasilan sistem surjan. Adapun persyaratan utama suatu lahan dapat dibentuk sistem surjan adalah lahan rawa pasang surut tipe luapan B yang memiliki kedalaman lapisan pirit (FeS_2) lebih dari 50 cm. Lapisan pirit merupakan lapisan tanah dengan kadar pirit lebih dari 2% ($S > 0,75\%$), yang apabila diinkubasi dalam kondisi kadar air kapasitas lapang pada suhu kamar selama 8 minggu, nilai pH tanahnya akan turun lebih dari 0,5 unit menjadi < 4 . Senyawa pirit bersifat labil, apabila terekspose udara dapat teroksidasi menghasilkan ion-ion H^+ dan SO_4^{2+} .

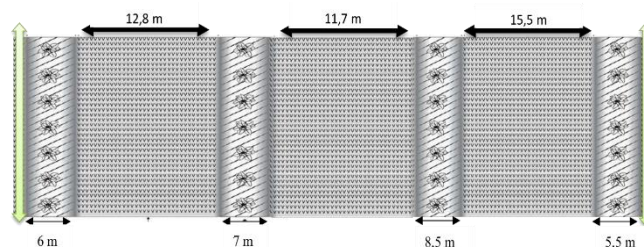
yang menyebabkan tanah menjadi sangat masam dengan pH < 4 .

SNI 9245:2024 bertujuan menciptakan penataan fisik lahan yang optimal untuk mendukung berbagai jenis tanaman dalam satu hamparan. Padi cocok ditanam di tabukan karena toleran terhadap kondisi tergenang dan fluktuasi air. Sebaliknya, jeruk Siam Banjar (*Citrus reticulata*) membutuhkan aerasi tanah dan drainase baik sehingga ideal ditempatkan di guludan yang lebih tinggi. Pengukuran lapangan sistem surjan yang ada di Kecamatan Mandastana menunjukkan bahwa pembangunan surjan di Mandastana telah mengacu pada spesifikasi SNI 9245:2024. Pada SNI 9245:2024 menyebutkan bahwa penataan sistem surjan dengan memepertimbangkan kemudahan operasional serta efisiensi kerja alat dan mesin pertanian di lahan rawa pasang surut tipe luapan B. Maka lebar bagian tabukan sebaiknya 4 meter, lebar guludan sebaiknya minimal 2 meter. Sedangkan tinggi guludan sebaiknya 30-70 cm tergantung pada tinggi muka air bagian tabukan pada saat air pasang dan jenis tanaman yang akan ditanam pada guludan seperti ilustrasi tampak samping surjan Padi-Jeruk (Gambar 10). Adapun nisbah lebar guludan dibandingkan dengan lebar tabukan dalam satu konstruksi sistem surjan adalah 1:2 sampai dengan 1:4.



Gambar 11. Ilustrasi tampak samping sistem surjan padi-jeruk

Sistem surjan di Kec. Mandastana memiliki lebar bagian tabukan 12 meter sampai dengan 16 meter. Lebar guludannya bervariasi, terdapat lebar guludannya minimal 5,5 meter, dengan ketinggian dari tabukan minimal 40 cm, Hasil perhitungan nisbah lebar guludan dibandingkan dengan lebar tabukan dalam satu lahan kepemilikan petani sistem surjan di Mandastana adalah 1:2 sesuai dengan kriteria pada SNI 9245:2024. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan lebar kepemilikan lahan petani sebelum dibentuk sistem surjan. Lahan berbentuk persegi panjang dengan luas 1 ha dengan panjang 150 meter dan lebar 67 meter. Dari ketinggian terlihat dalam satu petak lahan petani terbentuk 4 baris guludan dengan 3 tabukan (Gambar 11).



Gambar 12. Ilustrasi tampak atas sistem surjan Padi-Jeruk

Hasil pengamatan dan wawancara petani, sistem surjan di Mandastana integrasi padi-jeruk, selama satu tahun periode tanam bagian tabukan dimanfaatkan untuk menanam padi 2 kali tanam dengan varietas inpari 32. Bagian guludan ditanami jeruk, jahe dan cabai. Sistem surjan yang diterapkan di wilayah Mandastana melalui integrasi padi–jeruk menunjukkan model diversifikasi produksi pangan yang adaptif terhadap karakteristik lahan rawa pasang surut. Pola dua kali tanam padi varietas Inpari 32 pada bagian tabukan memungkinkan peningkatan indeks pertanaman (IP) sekaligus menjaga stabilitas produksi beras sebagai komoditas strategis nasional. Varietas Inpari 32 dikenal memiliki potensi hasil tinggi dan toleransi terhadap kondisi lahan rawa, sehingga mendukung peningkatan produktivitas secara berkelanjutan (Balitbangtan, 2016). Sementara itu, pemanfaatan guludan untuk jeruk, jahe, dan cabai memperkuat diversifikasi pangan dan pendapatan rumah tangga tani, sekaligus mengurangi risiko kegagalan panen akibat fluktuasi tinggi muka air (Noor, 2007).

Integrasi padi dan hortikultura dalam sistem surjan juga sejalan dengan strategi pembangunan pertanian berbasis kawasan rawa yang menekankan optimalisasi lahan suboptimal guna mendukung swasembada pangan berkelanjutan (Kementerian Pertanian, 2020). Diversifikasi komoditas dalam satu hamparan tidak hanya meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan rumah tangga melalui ketersediaan sumber karbohidrat dan komoditas bernilai ekonomi tinggi secara simultan. Dengan demikian, sistem surjan integrasi padi–jeruk di Mandastana dapat dipandang sebagai model agroekosistem rawa yang resilien dan kontributif terhadap agenda swasembada pangan nasional (Gambar 12).



Gambar 13. Sistem surjan integrasi Padi-Jeruk di Mandastana, Barito Kuala

Penerapan sistem surjan pada setiap kepemilikan lahan seluas 1 ha dengan pembentukan 4 guludan dan 3 tabukan serta perbandingan lebar tabukan dan guludan 1:2 telah selaras dengan prinsip teknis sistem surjan sebagaimana diatur dalam standar nasional pengelolaan lahan rawa berbasis tata air terkendali. Dalam standar tersebut ditegaskan bahwa sistem surjan merupakan rekayasa mikro-topografi yang membagi lahan menjadi bagian lebih tinggi (guludan) dan lebih rendah (tabukan)

untuk menyesuaikan kebutuhan agrohidrologi masing-masing komoditas (BSN, 2024).

Pada konfigurasi 4 guludan dan 3 tabukan, proporsi lebar 1:2 mencerminkan pendekatan optimalisasi ruang tanam berbasis fungsi hidrologis. Tabukan yang lebih rendah dipertahankan sebagai zona retensi air untuk budidaya padi, sehingga mampu menjaga kedalaman genangan sesuai fase pertumbuhan tanaman. Sementara itu, guludan yang memiliki elevasi lebih tinggi dan drainase lebih baik dimanfaatkan untuk tanaman hortikultura atau tanaman tahunan yang memerlukan kondisi aerasi tanah lebih optimal. Proporsi ini secara teknis mendukung keseimbangan antara kapasitas tampung air dan stabilitas struktur tanah, sehingga risiko genangan berlebih maupun kekeringan dapat diminimalkan.

Selaras dengan pedoman pengelolaan lahan rawa pasang surut, sistem surjan juga mengedepankan prinsip pengaturan muka air melalui saluran mikro dan pintu air sederhana untuk menjaga stabilitas hidrologi lahan (Kementerian Pertanian, 2020). Dengan demikian, desain 1 ha yang terdiri atas 4 guludan dan 3 tabukan bukan sekadar pembagian fisik lahan, melainkan bagian dari sistem pengelolaan terpadu yang mengintegrasikan tata air, konservasi tanah, dan diversifikasi komoditas (Gambar 13). Secara agronomis, penerapan standar sistem surjan ini berkontribusi terhadap peningkatan indeks pertanaman, efisiensi pemanfaatan lahan suboptimal, serta penguatan ketahanan pangan berbasis kawasan rawa. Dengan mengacu pada standar nasional, praktik ini memiliki legitimasi teknis dan dapat direplikasi sebagai model pengembangan pertanian rawa yang mendukung swasembada pangan berkelanjutan.



Gambar 14. Sistem surjan di Manstana dari tangkapan layar Drone

Indeks Pertanaman (IP) adalah rata-rata masa tanam dan panen dalam satu tahun pada lahan yang sama. Indeks pertanaman (IP) menunjukkan kekerapan pertanaman pada sebidang lahan. IP 100 untuk menanam padi satu kali dalam setahun, IP 200 untuk menanam dua kali dalam setahun dan selanjutnya (Syahbuddin, 2020). Peningkatan IP menjadi strategi utama dalam optimalisasi lahan rawa tanpa perlu ekspansi areal baru, sehingga mendukung prinsip intensifikasi berkelanjutan.

Pada kondisi eksisting lahan rawa pasang surut di Kec. Mandastana, Kab. Barito Kuala, pola tanam padi umumnya berada pada tingkat IP 200. Keterbatasan ini disebabkan oleh karakteristik hidrologi lahan rawa yang dipengaruhi fluktuasi pasang surut, tingginya muka air tanah, serta keberadaan tanah sulfat masam yang sensitif terhadap perubahan kondisi aerasi (Noor, 2007). Genangan berkepanjangan setelah panen menyebabkan periode bera relatif panjang karena petani harus menunggu kondisi lahan cukup kering untuk dilakukan olah tanah berikutnya.

Implementasi sistem surjan sesuai ketentuan teknis SNI 9245:2024 memberikan solusi terhadap kendala tersebut melalui rekayasa skala kepemilikan lahan. Sistem surjan membagi lahan menjadi guludan dan tabukan dengan rasio proporsional, sehingga distribusi air dapat dikendalikan secara lebih presisi (Badan Standardisasi Nasional, 2024). Pengaturan ini memungkinkan kelebihan air dialirkan melalui saluran mikro, sementara kebutuhan air tanaman padi tetap tercukupi.

Perbaikan tata air berdampak langsung pada percepatan siklus tanam. Drainase yang lebih baik mempercepat pengeringan lahan setelah panen sehingga periode bera dapat dipersingkat. Dengan dukungan varietas padi genjah dan manajemen hara yang efisien, musim tanam ketiga dapat dilakukan pada musim peralihan, sehingga IP meningkat dari 200 menjadi 300. Dalam konteks integrasi padi–jeruk, peningkatan IP padi tidak mengganggu pertumbuhan jeruk karena tanaman jeruk ditempatkan pada guludan yang memiliki elevasi lebih tinggi dan sistem aerasi tanah lebih baik. Sistem ini mengurangi risiko genangan akar serta meningkatkan stabilitas produksi buah sepanjang tahun (Subagyo, 2006). Dengan demikian, integrasi padi–jeruk dalam sistem surjan memungkinkan intensifikasi padi tanpa mengorbankan produktivitas komoditas Jeruk. Penerapan SNI 9245:2024 tidak hanya berfungsi sebagai pedoman teknis budidaya, tetapi juga sebagai instrumen peningkatan intensitas pemanfaatan lahan yang berdampak langsung terhadap ketahanan dan swasembada pangan berbasis sumber daya lokal.

III. KEBERHASILAN INTEGRASI PADI-JERUK BERDASARKAN SNI 9245:2024

Keberhasilan penataan sistem surjan di lahan rawa pasang surut tipe luapan B yang sudah berfungsi dengan baik seperti di Kec. Mandastana, Kab. Barito Koala, Provinsi Kalimantan Selatan. Perlu dilakukan penilaian berdasarkan indikator Nilai Indeks Tanaman (NIT) dan Nilai Indeks Penggunaan Lahan (NIPL). Penilaian keberhasilan sistem surjan menurut SNI 9245:2024 dapat dilihat dari NIT dan NIPL dengan nilai lebih dari 1.1. Keberhasilan penataan sistem surjan yang sudah berfungsi dengan baik dilakukan penilaian berdasarkan indikator NIT dan NIPL. Metode pengukuran keberhasilan dihitung dengan persamaan:

$$NIT = \frac{IT \text{ sistem surjan}}{IT \text{ lahan sawah}}$$

- IT sistem surjan adalah banyaknya jenis tanaman yang ditanam pada bagian tabukan dan pada bagian guludan selama satu tahun.
- IT lahan sawah adalah banyaknya jenis tanaman yang ditanam pada bagian tabukan atau lahan sawah selama satu tahun.

Nilai Indeks Penggunaan Lahan NIPL dihitung dengan membagi nilai IPL setelah ditata sistem surjan dengan IPL sebelum ditata sistem surjan. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$NIPL = \frac{IPL \text{ sistem surjan}}{IPL \text{ lahan sawah}}$$

Di lahan rawa pasang surut tipe luapan B dapat dilakukan penataan lahan dengan sistem surjan untuk mengurangi kendala adanya genangan ketika air laut pasang. Lahan rawa pasang surut cukup potensial untuk mendukung swasembada pangan. Di lahan petani, tepatnya di Desa Karang Bunga, Kec. Mandastana, Kab. Barito Kuala, Prov. Kalsel terdapat lahan dengan kategori lahanrawa pasang surut tipe Luapan B. Sistem surjan di lahan rawa pasang surut bertujuan untuk mengurangi genangan dan mengamankan lapisan pirit agar tidak teroksidasi, serta meningkatkan produktivitas tanaman Padi-Jeruk.

Untuk menentukan NIT sistem surjan dilakukan dengan menghitung Indeks tanaman selama satu tahun dengan mengamati tanaman di Desa Karang Bunga, Kec. Mandastana, Kab. Barito Kuala, Prov. Kalsel di lokasi yang sudah dibentuk sistem surjan. Luas Lahan yang digunakan sebagai sistem surjan adalah 1 ha, tanaman yang dibudidayakan di lahan tersebut adalah padi, jeruk, dan cabai. Tanaman cabai digunakan sebagai tanaman sampingan untuk menunggu masa panen jeruk dan padi. Penerapan sistem surjan di Kec. Mandastana ini meningkatkan stabilitas guludan terhadap longsor serta meminimalisir genangan pada musim hujan. Tanaman padi varietas Inpari 32 ditanam pada tabukan, dan varietas Siam Banjar sebagai jeruk lokal Kalimantan.

$$NIT = \frac{IT \text{ sistem surjan}}{IT \text{ lahan sawah}} = \frac{3}{1} = 3$$

$$NIPL = \frac{IPL \text{ sistem surjan}}{IPL \text{ lahan sawah}} = \frac{9.380 \text{ m}^2}{9.338 \text{ m}^2} = 1,004$$

Dengan NIT sebesar 3 dan NIPL sebesar 1,004 dapat dikatakan bahwa NIT dan NIPL sistem surjan di Kec. Mandastana lebih dari 1,1 maka sistem surjan di lahan rawa pasang surut tipe luapan B Kec. Mandastana dinyatakan telah berhasil. Nilai NIT dan NIPL lebih dari 1.1 merupakan parameter yang digunakan untuk menilai keberhasilan penerapan sistem surjan pada lahan rawa pasang surut tipe luapan B menurut SNI 9245:2024. Indeks tanaman adalah

ukuran kuantitatif yang merefleksikan kesesuaian teknis dan produktivitas lahan yang telah ditata dengan sistem surjan. Nilai indeks tanaman sebesar 1,1 berarti bahwa sistem surjan yang diterapkan berhasil dalam mengoptimalkan kondisi lahan dan mendukung pertumbuhan tanaman secara efektif. Angka 1,1 ini menunjukkan bahwa produktivitas tanaman mencapai atau bahkan melebihi standar keberhasilan yang ditetapkan dalam SNI 9245:2024. Nilai indeks tanaman 1,1 adalah bukti kuantitatif bahwa implementasi sistem surjan sesuai SNI 9245:2024 efektif dan berhasil dalam meningkatkan IP serta mengelola lahan rawa dengan baik sesuai standar nasional.

IV. PENUTUP

Penerapan sistem surjan di Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala terbukti menjadi strategi efektif dalam mengoptimalkan pemanfaatan lahan rawa pasang surut tipe luapan B untuk kegiatan pertanian. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan nilai NIT serta NIPL yang melebihi 1,1, sistem surjan di lahan Kecamatan Mandastana telah memenuhi indikator keberhasilan sebagaimana tercantum dalam SNI 9245:2024. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan standar nasional dapat mendukung terwujudnya swasembada pangan dengan menjaga IP tanaman padi dan jeruk.

Penerapan SNI 9245:2024 pada sistem surjan di Kecamatan Mandastana terbukti efektif dalam meningkatkan IP tanaman padi dari IP 200 menjadi IP 300 di lahan rawa pasang surut. Standar dimensi guludan dan tabukan mendukung pertumbuhan optimal tanaman padi dan jeruk. Sistem surjan diperkuat SNI 9245:2024 mendorong pemanfaatan lahan rawa yang lebih produktif, adaptif terhadap perubahan iklim, dan mendukung swasembada pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2024. SNI 9245:2024 — Penataan Lahan Rawa Pasang Surut Tipe Luapan B dengan Sistem Surjan. Jakarta: BSN.
- Hatmoko, Dwi, Maulia Aries S. dan Khairil Anwar 2025. Potensi Sebaran Lahan Rawa Berdasarkan Luasan Tipologi Dan Tipe Luapan Di Kalimantan Selatan. Diakses dari laman pada 16 Desember 2025 <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/4cdb58b0-b1a2-4514-9e76-e3a3fb3bee34/>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2023. Pedoman Peningkatan Indeks Pertanaman pada Lahan Rawa. Jakarta: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.
- Kementerian Pertanian. 2020. Strategi pengembangan pertanian lahan rawa mendukung ketahanan dan swasembada pangan nasional. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Ma'shum, H. 2024. Analisis Sistem Jaringan Tat Aair Di Lahan Pasang Surut, Telang Karya, P8-7S, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 12, No. 3, 2024: 592 – 599
- Noor, M. 2007. Rawa lebak: Ekologi, pemanfaatan, dan pengembangannya. *PT Raja Grafindo Persada*.
- Subagyo, H. 2006. Karakteristik dan pengelolaan tanah sulfat masam. *Balai Penelitian Tanah*. Bogor
- Subagyo, H., & Widjaja-Adhi, I. P. G. 1998. Peluang dan kendala pengembangan lahan rawa untuk pertanian. *Dalam Prosiding Lokakarya Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Rawa*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Suriadikarta, D.A. 2012. Teknologi Pengelolaan Lahan Rawa Berkelanjutan: Studi Kasus Kawasan Ex-PLG Kalimantan Tengah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 6 No. 1, Juli 2012
- Susilawati, A., Nursyamsy, D, Sarwani, M. dan Irianto G. 2024. SNI Sistem Surjan Menjamin Diversifikasi Komoditas di Lahan Rawa. *Warta SumberDaya Lahan Pertanian*. Vol 1 No 1, Desember 2024.
- Syahbuddin, H., Kushartati E., Mardiharini M., Purnamayani, R. 2020. Bukti Nyata Peningkatan Indeks Pertanaman : Fondasi Lumbung Pangan Masa Depan. Jakarta : IAARD Press.

Sistem Bertani *Umo* Dan Sawah Masyarakat Kawasan Karst Bukit Bulan Sarolangun

Surini Widyawati

Anggota IAAI (Ikatan Ahli Arkeologi Indonesia) Komda Sumatera Bagian Selatan
suriniwidyawati97@gmail.com

RINGKASAN

Sistem bertani padi dan praktik budaya masyarakat tradisional di Kawasan Karst Bukit Bulan memperlihatkan keunikan tersendiri dengan karakteristik yang khas. Meskipun berada di lingkungan perbukitan karst yang umumnya kering, berbeda dengan di Bukit Bulan. Kawasan karst yang memiliki cadangan air tanah yang besar karena batuan kapurnya yang membentuk sistem hidrologi bawah tanah dan mampu menyimpan air, sehingga menjadi sumber air penting bagi masyarakat dan lingkungannya. Oleh karena itu, kawasan ini memiliki lahan potensial yang memungkinkan masyarakat mengembangkan sistem pertanian adaptif melalui pemanfaatan lahan *umo* di dataran tinggi dan sawah di dataran rendah. Jenis padi yang dibudidayakan terdiri dari padi lamo (lokal) dan padi BB (bibit bantuan pemerintah), masing-masing dengan karakteristik masa tanam dan ketahanan yang berbeda. Selain aspek teknis, sistem pertanian ini juga sarat akan nilai-nilai budaya dan ritual agraris seperti turun taun, nyongsong padi, dan sedekah hasil panen, yang mencerminkan hubungan harmonis antara manusia, alam, dan kepercayaan lokal. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode etnografi melalui observasi partisipatif selama satu bulan serta wawancara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa praktik bertani masyarakat Bukit Bulan merupakan wujud adaptasi ekologis sekaligus pelestarian budaya lokal yang masih bertahan di tengah arus modernisasi.

I. PENDAHULUAN

Nusantara sebagai negara kepulauan yang juga negara agraris, dengan kondisi alam yang subur dengan sebagian besar masyarakat yang memanfaatkannya untuk bercocok tanam. Aktivitas yang telah dilakukan oleh manusia sejak masa prasejarah dan terus berkembang baik dari segi teknik, Jenis tanaman, maupun alat yang digunakan. Bercocok tanam kegiatan mengolah tanah dengan cara menanam bibit yang diperoleh dari biji-bijian, batang tumbuhan, maupun umbi-umbian yang ditanam sampai dapat menghasilkan bunga atau buah untuk dipanen (Basri dkk, 2001). Salah satu bentuk utama kegiatan tersebut adalah bertani padi sebagai bahan pangan pokok masyarakat.

Bertani merupakan aktivitas pertanian yang identik dengan penanaman padi yang dilakukan oleh banyak masyarakat di pedesaan. Nasi, yang merupakan hasil olahan padi sebagai makanan pokok mayoritas masyarakat

Nusantara, tentu menjadi kebutuhan utama yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari. Awal adanya pertanian padi di Nusantara masih menjadi pertanyaan terkait waktu dan tempatnya. Sedangkan, penelitian terkait bercocok tanam telah banyak dilakukan, namun terkait data tinggalan budaya yang mengidentifikasi secara jelas adanya aktivitas bercocok tanam padi pada masa prasejarah. Baru pada masa perundagian mulai adanya dugaan bahwa manusia telah mengenal adanya tanam padi. Dimana pada masa ini masyarakat telah mengenal adanya alat teknologi yang dapat dibuat dari logam. Alat-alat yang terbuat dari logam ini yang secara fungsional dapat digunakan secara praktis dalam pertanian (Subroto, 1985).

Bertani di berbagai daerah tidak hanya berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan pangan, tetapi juga mengandung pengetahuan lokal dan tradisi yang diwariskan secara turun-menurun. Hal ini dapat dilihat pada masyarakat Kawasan Karst Bukit Bulan, Sarolangun. Meskipun berada di lingkungan perbukitan karst namun tanahnya sangat subur, masyarakat mengolah lahan secara adaptif melalui pemanfaatan lahan terhadap kondisi lahan yang amat berbeda, yakni pada dataran tinggi dan dataran rendahnya. Selain itu, aktivitas bertani pada masyarakat Bukit Bulan tidak hanya menunjukkan bentuk adaptasi, tetapi juga budaya dan tradisi agraris yang masih dipertahankan hingga kini. Penelitian ini berupaya mengidentifikasi cara pengelolaan lahan serta memahami keterkaitan antara praktek bertani dengan pengetahuan lokal dan tradisi yang berkembang dalam masyarakat di Kawasan Bukit Bulan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan melalui observasi lapangan dan wawancara untuk memahami kehidupan sosial dan budaya masyarakat di Kawasan Karst Bukit Bulan, khususnya dalam cara mereka bertani padi secara tradisional. Lokasi dipilih karena masyarakat di wilayah ini masih mempertahankan tradisi bertani yang khas. Pengamatan dilakukan di dua desa, yaitu Desa Napal Melintang dan Desa Meribung dengan melibatkan 12 orang warga desa sebagai narasumber. Pengumpulan data dilakukan dengan tinggal dan berinteraksi langsung dengan masyarakat selama satu bulan untuk melihat aktivitas sehari-hari mereka. Selain itu, wawancara mendalam ini dilakukan dengan tokoh adat, kepala desa, ibu rumah tangga, dan pemuda setempat. Pendokumentasian juga dilakukan untuk merekam kondisi lingkungan dan kegiatan masyarakat.

III. PEMBAHASAN

Kawasan Bukit Bulan secara administratif terletak di Kecamatan Limun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Terdapat 6 desa di kawasan ini, dimana di tengah lembah kawasan ini terdapat 4 desa yakni Desa Berkun, Desa Mersip, Desa Meribung, dan Desa Napal Melintang. Sedangkan, 2 desa yang berada sebelum memasuki lembah yakni Desa Lubuk Bedorong dan Desa Temalang.



Gambar 15. Kawasan Bukit Bulan di Dusun Sungai Beduri Desa Meribung
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Bukit Bulan merupakan kawasan dengan banyak perbukitan gamping yang telah mengalami kalsifikasi, sehingga terbentuk lapisan atau struktur yang keras seperti kapur. Keberadaan karst ini dapat dilihat dengan menggunakan citra satelit dan melalui pengamatan karakteristik sedimen secara langsung berdasarkan warna, bentuk, tekstur, dan ukuran butir (Fauzi, 2016). Wilayah ini merupakan kawasan dengan morfologi bukit-bukit berbentuk kerucut dengan kemiringan 36° dan ketinggian berkisar 270-330 MDPL (Oktariadi & Farwedi, 2011). Bentang alam tersebut menunjukkan ciri khas kawasan karst yang didominasi oleh bukit-bukit dengan pola sebaran yang tidak merata. Kondisi ini mempengaruhi cara memanfaatkan lahan oleh masyarakat, terutama dalam menentukan lokasi pertanian pada lereng perbukitan maupun dataran yang lebih landai.

Terdapat beberapa aliran sungai yang mengalir pada kawasan ini diantaranya Sungai Limun, Sungai Ketari, dan Sungai Beduri. Sungai-sungai ini menjadi sumber air utama bagi masyarakat Desa Bukit Bulan, dimana hulu sungainya berada di Sungai Limun yang berada di Dusun Napal Melintang. Masyarakat melakukan banyak aktivitas sakral maupun profan pada sungai-sungai tersebut salah satunya untuk mengairi sawah-sawah lahan pertanian masyarakat.



Gambar 16. Hulu sungai Limun di Dusun Napal Melintang
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Kondisi tanah yang subur serta potensi sumber daya alam yang melimpah mendorong masyarakat untuk beradaptasi dengan memanfaatkan lingkungan sekitarnya. Pemanfaatan terhadap hasil hutan, emas, sumberdaya gua, serta pengolahan lahan. Salah satu aktivitas utama masyarakatnya adalah bercocok tanam padi pada lahan *umo* (ladang) dan sawah. Bertani menjadi mata pencaharian utama masyarakat Bukit Bulan, meskipun mereka juga memanfaatkan sumber daya alam lainnya. Produksi beras sebagai bahan pangan pokok berperan penting dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari dan menjaga ketersediaan pangan hingga musim tanam berikutnya.

Lahan bertani merupakan lahan yang turun temurun istilahnya "*mati awak turun ke anak, mati anak turun ke cucu*" dan tidak bersertifikat yakni diberikan secara "*tasirek*" atau pernyataan yang berasal dari ucapan orang tua atas kepemilikan tanah untuk diwariskan. Lahan dari nenek moyang terdahulu yang dengan membuka hutan di bagikan ke keturunannya hingga saat ini. Jika tidak memiliki lahan biasanya masyarakat akan melakukan sewa atau kontrak sawah dengan sistem bagi 3 antara pemilik lahan dan pengelola. Yakni jika hasil sawah 30 kiding maka 20 kiding untuk pengelola lahan dan 10 kiding padi untuk pemilik lahan. *Kiding* merupakan wadah yang terbuat dari anyaman bambu atau rotan yang dipakai sebagai alat mengangkut hasil panen padi. Sedangkan beras dihitung dengan satuan *gantang* yang setara dengan 10 *canting* kaleng susu dan diperkirakan 4 *canting* sama dengan 1 kg beras.

Pada masyarakat Bukit Bulan terdapat tradisi *Turun taun* merupakan tradisi yang dilaksanakan pada masa awal tanam dan setelah panen padi. Tradisi ini dikenal sebagai sedekah, yang diwujudkan melalui doa dan makan bersama seluruh masyarakat. Kegiatan ini dilakukan dua kali, yaitu sebelum masa tanam yang umumnya berlangsung sekitar bulan Rabiul Awal (Oktober), serta setelah panen yang biasanya bertepatan menjelang bulan puasa sebagai bentuk syukur. Pelaksanaannya dipimpin oleh tokoh masyarakat seperti *tuo tengganai*, *ninik mamak*, pemangku adat, dan kepala dusun. Kegiatan ini bertempat di masjid dengan melibatkan seluruh masyarakat dengan membawa makanan untuk disantap bersama setelah doa. Tradisi ini bertujuan sebagai ungkapan harapan dan rasa syukur atas hasil panen, serta memohon keberhasilan dan perlindungan dari kegagalan panen. Istilahnya yaitu "*satu ditanam seribu tumbuh*" mencerminkan harapan masyarakat terhadap hasil panen yang melimpah. Setelah pelaksanaan tradisi ini barulah masyarakat memulai proses penanaman padi.

IV. SISTEM BERTANI UMO DAN SAWAH

Sistem bertani masyarakat Bukit Bulan yaitu sistem *umo* (dataran tinggi) dan sawah (dataran rendah). Perbedaan keduanya terletak pada kondisi lahan dan teknik

pengolahannya. Menanam padi yang dilakukan pada lahan kering yakni pada dataran tinggi yang ada di perbukitan. Masyarakat secara turun-temurun telah bertani padi, salah satunya di dataran yang biasanya disebut *umo* atau ladang, aktivitasnya disebut *beumo* atau berladang. Proses bertani *umo* diawali dengan pembukaan lahan melalui penebangan pohon dan tumbuhan di bukit menggunakan beliung serta parang. Saat ini, pembukaan lahan umumnya hanya dilakukan pada area blukar sisa ladang lama yang telah dibuka oleh orang tua terdahulu. Sehingga, tidak lagi membuka hutan baru, terutama karena ada peraturan pemerintah. Pada lahan *umo* penanaman padi dilakukan satu tahun sekali, biasanya dimulai pada Agustus-Desember yang bertepatan dengan musim penghujan. Bibit padi yang digunakan pada lahan ini hanya menggunakan padi lokal yang disebut padi *lamo* dengan masa tanam enam bulan.

Pada masa lalu, pembukaan lahan diawali dengan kegiatan *ngimbai*, yaitu menandai lokasi menggunakan kait kayu sebagai tanda bahwa lahan tersebut akan dibuka sekaligus sebagai simbol izin secara adat. Kait kayu juga digunakan untuk memperkirakan luas lahan yang akan dibuka, misalnya sepuluh kait setara dengan sekitar satu hektar, sedangkan batas antar lahan ditandai dengan pancang kayu yang ditarik lurus. Setelah penandaan, penebasan dilakukan sekitar satu minggu dan biasanya melibatkan anggota keluarga. Dalam pembagian kerja, penebangan pohon umumnya dilakukan oleh laki-laki, sedangkan perempuan membersihkan semak belukar. Setelah proses pembersihan, sisa tebasan dibiarkan mengering sebelum dilakukan pembakaran. Ranting-ranting yang berukuran relatif besar kemudian disusun sebagai batas lahan.



Gambar 17. Lahan *Umo* yang berada di perbukitan Dusun Meribung
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Menanam padi yang dilakukan pada lahan basah yakni pada dataran rendah yang dekat dengan pemukiman masyarakat yang disebut sawah. Aktivitas bertani dengan sistem ini dilakukan dengan cara yang sangat berbeda dibandingkan dengan sistem *umo* karena menggunakan lahan yang digenangi air. Lahan dengan genangan air, baik secara alami saat musim hujan maupun dari sistem irigasi kincir air atau DAM di Sungai. Pada lahan sawah ada istilah

padi agung yaitu tahun panjang dengan masa tanam sepanjang tahun. Masa tanam padi dilakukan awal musim hujan sekitar september-november menggunakan bibit lokal dengan masa tanam enam bulan, setelah panen dilanjutkan dengan tanam yang menggunakan bibit padi baru atau BB yang disebut musim tanam selang atau sisip.

Pengolahan lahan berbentuk terasering dengan adanya pematang sebagai pembatas yang bertingkat. Pada pematang ini lah petani dapat mengontrol keluar-masuknya air pada sawah. Pengolahan awal lahan dilakukan dengan menggenangi sawah, kemudian diolah menggunakan sikek yakni alat kayu yang ditarik menggunakan kerbau dan dilanjutkan dengan meratakan tanah yang di lindi atau diratakan. Pada tahap ini, pekerjaan dilakukan oleh laki-laki, sedangkan perempuan bertugas mencabut rumput, membuang hama keong, dan mengeringkan genangan air sebelum penanaman. Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan tanah agar lahan mudah untuk diberi bibit yang sudah tumbuh serta mematikan hama yang ada pada sawah. Benih padi disemai terlebih dahulu selama 40 hari sebelum dipindahkan ke lahan sawah.

Sistem bertani *umo* dan sawah menunjukkan kemampuan adaptasi masyarakat terhadap kondisi lingkungan yang berbeda, baik pada lahan kering maupun lahan basah. Perbedaan ini sudah tampak pada awal persiapan lahan meliputi teknik pengolahan lahan, pengelolaan air, dan pembagian kerja, yang mencerminkan pengetahuan lokal masyarakat dalam menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan.



Gambar 18. Lahan sawah sebagai sistem bertani di dataran rendah
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

V. JENIS DAN KARAKTERISTIK BIBIT PADI

Masyarakat Bukit Bulan melakukan aktivitas pertanian pada dua jenis lahan, yaitu lahan dataran tinggi yang dikenal *umo* dan rendah berupa persawahan. Jenis padi yang ditanam meliputi padi *lamo* yang merupakan jenis padi lokal dan padi bibit baru berasal dari bantuan pemerintah (BB). Sistem bertani di *umo* yang menggunakan bibit padi *lamo* dengan masa tanam sekitar enam bulan yakni padi lokal lebih sarat dengan tradisi pada setiap tahapannya dibandingkan dengan penggunaan bibit padi baru. Pada praktiknya, penanaman padi *lamo* disertai dengan berbagai

tahapan adat, seperti penentuan waktu tanam, do'a bersama, hingga kegiatan tanam dan panen yang dilakukan secara kolektif oleh masyarakat. Pada setiap tahapannya tidak hanya berkaitan dengan kegiatan bercocok tanam, tetapi juga mengandung nilai-nilai budaya, kebersamaan, serta interaksi dengan alam. Dari segi kualitas, padi *lamo* memiliki daya simpan yang baik, tidak mudah rusak, serta menghasilkan nasi yang lebih pulen dan mengenyangkan.

Masyarakat terdahulu di Bukit Bulan hanya menanam padi *lamo*, kemudian terdapat bibit padi bantuan dari pemerintah dengan adanya pengadaan bibit baru yang disubsidikan kepada masyarakat. Padi BB (bibit bantuan) dari pemerintah dengan masa tanam lebih singkat yakni tiga bulan. Padi dengan bibit ini memungkinkan petani dapat melakukan tanam dan panen hingga dua kali dalam satu tahun, dengan masa tanam sekitar tiga bulan saja. Hal ini tentu memberikan keuntungan dan kemudahan bagi masyarakat dalam ketersediaan pangan pokok karena hasil panen yang diperoleh lebih sering. Namun, jenis padi ini ternyata memiliki kelemahan pada daya penyimpanan padi pada lumbung padi dan berasnya. Jika disimpan terlalu lama beras cenderung rusak dan muncul bubuk atau hama kutu beras, selain itu juga rasa nasi yang berubah hambar saat dimasak. Sehingga nasi kurang nikmat saat disantap dibandingkan dengan nasi dari jenis padi lama. Oleh karena itu, masyarakat Bukit Bulan menyimpan padi jenis ini pada lumbung padi dan hanya pada karung di dalam rumah. Sehingga, penggunaan lumbung padi sebagai salah satu teknologi tradisional sudah sangat jarang dilakukan.

Perbedaan kedua jenis padi ini tidak hanya pada masa tanam dan daya simpan, tetapi juga pada nilai konsumsi dan kecenderungan masyarakat dalam memilih jenis padi sebagai bahan pangan utama. Padi *lamo* yang umumnya lebih disukai karena menghasilkan beras yang tahan lama dan nasi yang lebih enak, namun masa tanam yang panjang membuat masyarakat yang menggunakan bibit ini semakin sedikit. Sebaliknya, padi bibit bantuan lebih banyak dipilih karena masa tanam yang singkat dianggap lebih muda memenuhi kebutuhan pangan masyarakat sehari-hari.

VI. TAHAPAN DAN TRADISI BERTANI

Tahapan bertani padi pada masyarakat BuKit Bulan tidak hanya proses teknis, tetapi disertai dengan berbagai tradisi yang diwariskan secara turun-temurun hingga ke generasi saat ini. Beragam tradisi yang menyertai proses bertani membentuk pengetahuan lokal yang mencerminkan interaksi manusia dengan lingkungan alamnya. Pada masyarakat Bukit Bulan musim tanam diawali dengan tradisi *Turun taun* merupakan tradisi yang dilaksanakan pada masa awal tanam dan setelah panen padi. Tradisi ini dikenal sebagai sedekah, yang diwujudkan melalui doa dan makan bersama seluruh masyarakat. Adapun tahapan dan tradisi

bertani pada masyarakat tradisional Bukit Bulan adalah sebagai berikut:

Dingin tanah tahap setelah pembakaran lahan, dimana lahan tidak langsung ditanami karena kondisi tanah masih panas oleh abu pembakaran sehingga dapat memicu bibit tidak tumbuh dan membusuk. Oleh karena itu, lahan dibiarkan selama 15 hari hingga suhu tanah menurun dan permukaan tanah menggelembung tanda telah tumbuh akar-akar kecil sebagai tanda siap tanam atau semai. Tahap ini dilakukan pada lahan bertani *umo* dimana lahan biasanya setelah tidak ditanami beberapa waktu telah menjadi semak belukar. Sedangkan lahan sawah di awal pengolahan lahan dengan mengolah tanah dan mengatur air dengan pematang.

Tradisi *Nyongsong* padi dilakukan sebelum mulai semai padi yakni turun benih oleh dukun padi atau tokoh yang dituakan. Dukun padi yang menjadi pihak pertama menanam benih sebagai simbol dimulainya masa tanam. Dilakukan dengan dibacakannya doa-doa dan membawa tepung tawar berupa daun *sekumpai*, *daun sekorau*, *daun sedingin* dan *daun setawa* diikat menggunakan benang sebagai salah satu syarat yang di tancapkan bersamaan saat penanaman padi pertama. Proses ini dilanjutkan dengan kegiatan *nugal* dengan membuat lubang tanam secara manual. Kegiatan menanam padi dilakukan secara bergotong royong dan saling bergantian antar masyarakat yang disebut *parian*. Setelah satu minggu padi mulai tumbuh dan sembari menunggu usia padi satu bulan aktivitas petani melakukan penanaman sayur-sayuran pada area pinggiran *umo*.

Besiang dilakukan sekitar satu bulan setelah padi ditanam dengan membersihkan gulma melalui pencabutan dan pembenaman ke dalam lumpur agar menjadi pupuk organik. Kegiatan ini dilakukan secara manual menggunakan tangan dan cangkul. Sembari menunggu padi berbuah hingga panen, para perempuan biasanya mempersiapkan peralatan panen. Peralatan panen seperti tikar anyaman pandan untuk penjemuran, tudung kepala dari bambu, *kiding* sebagai wadah panen, *ambung* dari rotan untuk membawa hasil, *niru* untuk menampi beras, serta alat tuai seperti *pikek* atau *tundo* dari kayu dan bambu.



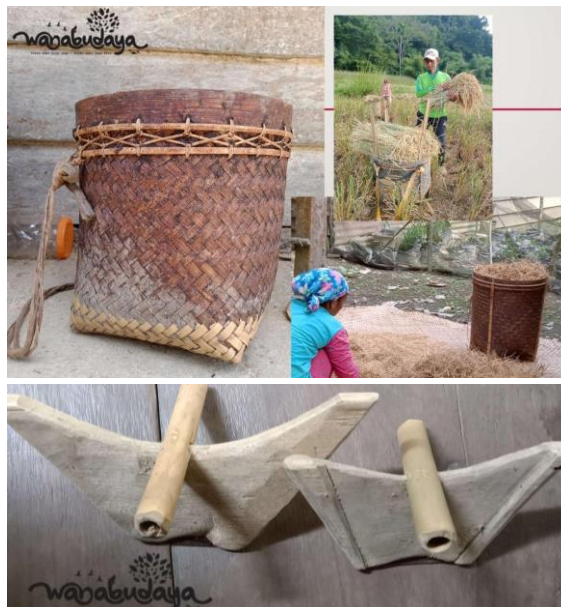
Gambar 19. Aktivitas *besiang* yaitu membersihkan rumput dan membenamkan rumput pada lumpur (sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Melemang dilakukan saat padi mulai berbiji (*manjau*), terdapat tradisi memasak lemang segantang di tengah ladang sebagai syarat yang dilakukan di sekitar pondok. Lemang kemudian dimakan bersama, sementara daun pembungkusnya yakni dan *liriek* yang diambil dari hutan digantung di tengah *umo* sebagai harapan agar padi tumbuh subur dan menghasilkan banyak bulir. Selain itu, pada fase awal pembentukan biji yang disebut *periuk kecil* masyarakat melakukan tradisi pembuatan bubur putih. Selanjutnya juga terdapat fase pembentukan biji yang telah penuh disebut *periuk gedang* dilakukan pembuatan nasi ketan yang dibungkus daun *liriek*. Pembungkus sisa nasi ketan diletakkan pada tepi *umo* untuk menarik lebah padi yang dipercaya dapat mengusir hama *pianggan*. Pengetahuan lokal lainnya seperti pembakaran sisa tebu untuk menarik lebah madu sebagai pengendali hama agar tidak menyerang padi. Selain itu, saat menunggu padi siap panen para ibu-ibu akan menyiapkan alat-alat anyaman seperti *kiding*, *bakul*, dan *pikek* untuk wadah serta *lapik* sebagai alas jemur padi.



Gambar 20. Penjemuran padi menggunakan alas lapik anyaman daun rumbai
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Tradisi *nyongsong* padi saat panen dengan istilah *jempuik* padi yaitu pengambilan induk padi oleh dukun padi sebagai simbol dimulainya panen. *Nuai* padi pertama kali dilakukan oleh dukun padi dengan memetik 5 biji atau 6 biji tangkai sebagai pembuka panen, sembari memetik juga dilantunkan do'a. Sebelum *jempuik* padi dilakukan maka panen belum bisa dilakukan masyarakat. Dukun padi akan diberi dari hasil panen padi 1 gantang beras. Wadah *kiding* digunakan sebagai tempat menampung padi yang telah dituai. Sementara itu, alat panen yang digunakan terbuat dari kayu dan bambu dengan satu sisi dilengkapi dengan bilah tajam, yang dahulu menggunakan seng atau potongan kaleng sedangkan saat ini umumnya menggunakan silet. Alat ini oleh masyarakat disebut *pikek* atau *tundo*. Proses pengolahan padi jaman dulu merontokkan padi menggunakan *kisan* alat yang di putar-putar. Kayu yang berbentuk bulat panjang dan terdapat pegangan di dua sisinya. Sedangkan lesung *injiek* dan lesung tangan yakni alat dari kayu untuk memisahkan kulit dengan beras.



Gambar 21. Aktivitas nuai padi dengan menggunakan wadah anyaman kiding dan alat panen padi
(sumber: dok. Wanabudaya)

Proses penyimpanan setelah panen padi atau *nuai* padi dilakukan penyimpanan padi hasil panen pada *bilik* padi diangkat menggunakan *kiding*. *Bilik* padi di bangun berada di sekitar rumah masyarakat. Saat akan menggunakan padi baru diambil sesuai kebutuhannya saja. Saat ini *bilik* padi pada area *umo* sudah tidak ada lagi. Cara penyimpanan di *bilik* padi agar tidak diganggu hama; 1) tidak boleh menadiak atau menokok-nokok *kiding* saat memasukkan padi, 2) menggunakan kulit *torok* atau terap untuk alas, 3) menggunakan tikar pandan untuk alas, 4) tidak boleh mengambil padi pada saat hari jum'at, 5) tidak boleh mengambil padi saat ada orang meninggal, dan 6) diletakkan tempurung kelapa didalamnya diletakkan padi diikat benang tiga warna dan isi batu tiga biji baru *meladung* padi atau menyusun padi. Dan hasil padi dihitung berdasarkan wadah yang disebut *kiding* yang dibuat dari rotan dan bambu.



Gambar 22. Bilik atau lumbung sebagai tempat penyimpanan jenis padi *lamo* hasil panen
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Setelah seluruh hasil panen dihitung, masyarakat kemudian mengeluarkan sebagian dari hasil tersebut sebagai zakat untuk hisab. Zakat ini menjadi bagian penting dari tradisi dan aturan yang berlaku dalam pengolahan hasil panen. Besaran zakat yang dikeluarkan misalnya jika mendapatkan 600 kiding maka wajib mengeluarkan 60

kiding. Zakat tersebut akan digunakan untuk kepentingan bersama, seperti memberikan pada masyarakat yang membutuhkan. Tradisi ini mencerminkan kepedulian sosial serta rasa syukur masyarakat atas hasil yang diperoleh dari alam.



Gambar 23. Nasi dari jenis padi *lamo* yang telah lama disimpan dalam lumbung masih bagus hanya berubah warna sedikit kemerahan
(sumber: Febbryanto, dkk. 2025)

Beragam tahapan dan tradisi bertani tersebut menggambarkan keterpaduan antara aspek teknis dan nilai budaya yang membentuk sistem pengetahuan lokal dalam mengelola alam, Tradisi dalam setiap tahapan penanaman padi hanya dilakukan pada padi *lamo* yakni bibi lokal, sehingga menunjukkan bahwa cara bertani tradisional lebih banyak dipertahankan pada pertanian lokal. Kondisi ini sekaligus menunjukkan perubahan cara bertani seiring dengan penggunaan bibit baru yang dianggap lebih praktis bagi masyarakat.

VII. PENUTUP

Masyarakat Bukit Bulan yang hidup di kawasan karst memiliki kemampuan adaptasi dengan memanfaatkan lahan yang subur untuk bercocok tanam. Padi sebagai makanan pokok menjadikan bertani sebagai bagian utama dalam pemenuhan kebutuhan akan pangan. Sistem pertanian pada masyarakat tradisional ini berkembang dalam dua bentuk, yaitu *umo* pada lahan dataran tinggi dan sawah pada dataran rendah. Jenis padi yang ditanam terdiri dari padi lokal disebut padi *lamo* dan padi bibit bantuan pemerintah. Kedua jenis padi ini memiliki perbedaan pada masa panen dan ketahanan hasil panen. Pada praktiknya kedua lahan dan jenis padi ini berbeda perlakuannya. Padi *lamo* terutama yang ditanam lebih sarat akan tradisi dibandingkan penggunaan pada padi baru. Meskipun saat ini sebagian tradisi mulai berkurang pengetahuan lokal yang telah diwariskan secara turun-temurun masih dilakukan oleh masyarakat Bukit Bulan.

DAFTAR PUSTAKA

Basri, Asrul dkk. 2001. Mengenal Tradisi Bercocok Tanam di Indonesia. Museum Nasional. 1

- Fauzi, M. R. 2016. Beberapa Hasil Awal Penelitian Arkeologi di Kawasan Karst Bukit Bulan, Sarolangun. Siddhayatra. Vol. 21 (1). 5
- Febbryanto, dkk. 2025. Eksplorasi Potensi Kekayaan Budaya, Keaneragaman Hayati, dan Jasa Lingkungan di Kawasan Bukit Bulan Sarolangun. INISIASI. 31
- Oktariadi, Oki, dan Edi Tarwedi. 2011. Klasifikasi Kars Untuk Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya: Studi Kasus Karst Bukit Bulan Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Vol 2 (1). 7
- Subroto, Ph. 1985. Sistem Pertanian Tradisional pada Masyarakat Jawa Tinjauan Secara Arkeologis dan Etnografis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Kebudayaan Proyek Penelitian dan Pengkajian Kebudayaan Nusantara. 5-9
- Abdul Muthalib (37). Wawancara. 16 Desember 2024. Dusun Sungai Beduri.
- ABD Hamid (41). Wawancara. 03 Desember 2024. Dusun Dalam.
- Abdul Hamid (56). Wawancara. 25 Desember 2024. Dusun Meribung.
- Aida (65). Wawancara. 16 Desember 2024. Dusun Sungai Beduri.
- Heri Kiswanto (36). Wawancara. 11 Wawancara 2024. Dusun Napal Melintang.
- Khodri N (63), Wawancara. 09 Desember 2024. Dusun Napal Melintang.
- Muhammad Hadir (52). Wawancara. 16 Desember 2024. Dusun Sungai Beduri.
- Muhajidin (60). Wawancara. 06 Desember 2024. Dusun Napal Melintang.
- Nurma (50). Wawancara. 07 Desember 2024. Dusun Napal Melintang.
- Rustam (41). Wawancara. 10 Desember 2024. Dusun Napal Melintang.
- Sadarto (36). Wawancara. 16 Desember 2024. Dusun Sungai Beduri.
- Tarmizi B (52). Wawancara. 09 Desember 2024. Dusun Dalam.

Pemanfaatan Vegetasi Gulma Rawa sebagai *Biofilter*: Strategi Berbasis Alam pada Lahan Pasang Surut

Ani Susilawati⁽¹⁾ dan Dedi Nursyamsi⁽²⁾

⁽¹⁾Balai Perakitan dan Pengujian Pertanian Lahan Rawa

⁽²⁾Pusat Penyuluhan Pertanian

RINGKASAN

Lahan rawa pasang surut memiliki karakteristik lingkungan yang khas, terutama terkait dengan kualitas air yang dipengaruhi oleh keasaman tinggi, kandungan besi dan aluminium, serta fluktuasi muka air akibat pasang surut. Kondisi tersebut dapat menjadi faktor pembatas dalam pemanfaatan lahan rawa untuk kegiatan pertanian. Gulma rawa yang selama ini dianggap sebagai tanaman pengganggu ternyata memiliki potensi ekologis yang penting, salah satunya sebagai *biofilter* alami. Melalui mekanisme fitoremediasi, beberapa jenis gulma rawa mampu menyerap unsur hara berlebih, logam berat, serta berbagai senyawa lain yang dapat memengaruhi kualitas air. Beberapa jenis gulma rawa seperti purun tikus (*Eleocharis dulcis*), purun tikar (*Eleocharis congesta*), hering-hering, rumput segitiga (*Cyperus distans*), bulu babi (*Eleocharis retroflaxa*), teratai (*Nymphoides indica*), ganggang (*Hydrilla verticillita*), rumput air (*Hydrotraphus echinospermus*), dan benta (*Leesia hexandra Sw.*) memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai *biofilter* di lahan pasang surut. Pemanfaatan gulma rawa secara tepat dapat membantu memperbaiki kualitas air, menjaga keseimbangan ekosistem, serta mendukung pengelolaan lahan rawa yang lebih berkelanjutan. Dengan demikian, pengelolaan gulma rawa tidak hanya difokuskan pada upaya pengendalian, tetapi juga perlu mempertimbangkan pemanfaatannya sebagai bagian dari sistem pengelolaan lingkungan di lahan pasang surut.

I. PENDAHULUAN

Lahan rawa pasang surut merupakan salah satu sumber daya lahan yang memiliki potensi besar untuk pengembangan pertanian di Indonesia. Pemanfaatan lahan ini menjadi strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Namun demikian, pengelolaan lahan pasang surut menghadapi berbagai kendala lingkungan, antara lain fluktuasi muka air, tingkat keasaman tanah yang tinggi, serta kandungan unsur toksik seperti besi (Fe) dan aluminium (Al) yang dapat menurunkan kualitas tanah dan air. Keberadaan pirit (FeS_2) pada tanah sulfat masam juga dapat meningkatkan keasaman dan memperburuk kualitas air di sekitarnya (Susilawati dan Fahmi, 2013).

Di sisi lain, ekosistem lahan rawa dan pasang surut umumnya ditumbuhi berbagai jenis gulma rawa yang selama ini dianggap sebagai tanaman pengganggu karena bersaing dengan tanaman budidaya dalam memanfaatkan unsur

hara, air, dan cahaya. Oleh karena itu, pengelolaan gulma lebih sering difokuskan pada upaya pengendalian atau pemusnahan. Namun, pendekatan tersebut belum sepenuhnya mempertimbangkan potensi ekologis gulma rawa yang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan (Asikin dan Thamrin, 2012).

Salah satu potensi penting gulma rawa adalah sebagai *biofilter* alami melalui mekanisme fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan proses pemanfaatan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, menstabilkan, atau menguraikan zat pencemar baik di tanah maupun air. Tanaman air memiliki sistem perakaran yang luas sehingga mampu menyerap berbagai kontaminan seperti logam berat, senyawa organik, dan nutrisi berlebih dari lingkungan perairan. Selain itu, vegetasi rawa (makrofit) juga berperan dalam proses biofiltrasi melalui mekanisme seperti bioakumulasi, biodegradasi, dan transformasi senyawa pencemar.

Beberapa jenis gulma rawa, telah dilaporkan mampu berperan sebagai *biofilter* dengan menyerap atau menetralkan unsur-unsur berbahaya pada air lahan sulfat masam. Penelitian menunjukkan bahwa tanaman rawa mampu membantu menurunkan konsentrasi logam seperti Fe dan Al melalui proses fitostabilisasi dan fitoakumulasi. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan gulma rawa tidak selalu merugikan, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai komponen penting dalam pengelolaan kualitas lingkungan lahan pasang surut.

Pemanfaatan gulma rawa sebagai *biofilter* merupakan salah satu pendekatan inovatif yang sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi dampak negatif gulma, tetapi juga mengoptimalkan fungsi ekologisnya dalam menjaga kualitas air dan tanah. Dengan demikian, gulma rawa dapat bertransformasi dari tanaman pengganggu menjadi sumber daya yang bernilai dalam sistem pengelolaan lahan. Berdasarkan hal tersebut, makalah ini bertujuan untuk mengkaji potensi gulma rawa sebagai *biofilter* di lahan pasang surut, serta menjelaskan peran dan manfaatnya dalam meningkatkan kualitas lingkungan dan mendukung pengelolaan lahan rawa secara berkelanjutan.

II. KUALITAS AIR DI LAHAN RAWA PASANG SURUT

Lahan rawa pasang surut merupakan ekosistem yang dipengaruhi oleh dinamika pasang surut air laut atau sungai, sehingga menyebabkan fluktuasi muka air yang cukup signifikan. Kondisi ini berpengaruh langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah maupun air pada lahan tersebut. Fluktuasi muka air yang terjadi secara periodik menyebabkan kondisi lingkungan menjadi tidak stabil, terutama dalam hal ketersediaan oksigen dan perubahan reaksi kimia di dalam tanah dan air. Oleh karena itu, pengelolaan air menjadi faktor kunci dalam pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk kegiatan pertanian.

Saat kemarau, permukaan air di lahan sulfat masam turun dibawah permukaan tanah bahkan menyentuh lapisan pirit. Hal ini menyebabkan terjadi oksidasi pirit menghasilkan asam sulfat sehingga tanah menjadi masam dan kelarutan ion-ion racun meningkat. Saat awal musim hujan terjadi percucian asam sulfat dan ion-ion tersebut, lalu masuk ke badan air di kawasan tersebut, seperti saluran kuartier, tersier dan sekunder.



Gambar 24. Air di saluran sekunder pada lahan rawa sulfat masam

Kualitas air yang kurang baik dapat menjadi faktor pembatas utama dalam pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk pertanian. pH yang rendah serta tingginya kandungan Fe dan Al dapat menyebabkan keracunan tanaman dan menurunkan ketersediaan unsur hara. Namun demikian, melalui pengelolaan yang tepat seperti ameliorasi dan pengaturan tata air, kualitas air dapat diperbaiki sehingga mendukung peningkatan produktivitas lahan (Susilawati *et al.*, 2016). Selain itu, pendekatan berbasis ekologi seperti pemanfaatan vegetasi rawa sebagai *biofilter* juga berpotensi meningkatkan kualitas air secara alami dan berkelanjutan.

III. GULMA RAWA SEBAGAI *BIOFILTER* DI LAHAN PASANG SURUT

Ekosistem lahan rawa pasang surut memiliki keanekaragaman vegetasi yang cukup tinggi, termasuk berbagai jenis gulma yang mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang tergenang dan memiliki tingkat keasaman tinggi. Gulma rawa umumnya memiliki kemampuan toleransi terhadap kondisi anaerob serta fluktuasi muka air yang terjadi secara periodik (Noor, 2010).

Beberapa jenis gulma rawa tumbuh secara dominan pada saluran air, lahan tergenang, maupun pada daerah yang memiliki kelembapan tinggi. Keberadaan gulma tersebut sering dianggap merugikan bagi tanaman budidaya karena dapat bersaing dalam memperoleh unsur hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa gulma rawa juga memiliki fungsi ekologis yang penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, salah satunya sebagai *biofilter* alami (Masganti *et al.*, 2017).

Biofilter merupakan suatu sistem penyaringan alami yang memanfaatkan organisme hidup, seperti tanaman dan mikroorganisme, untuk memperbaiki kualitas air dengan cara menyerap, mengikat, atau menguraikan zat pencemar yang terdapat di dalamnya. Dalam ekosistem perairan, *biofilter* umumnya memanfaatkan tanaman air atau vegetasi rawa yang memiliki kemampuan menyerap unsur hara, logam berat, serta senyawa kimia tertentu dari air (Vymazal, 2011).

Tanaman air yang tumbuh di lahan rawa memiliki sistem perakaran yang berkembang dengan baik serta kemampuan adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang tergenang. Sistem perakaran tersebut dapat berfungsi sebagai media penyerap berbagai unsur yang terdapat dalam air, sekaligus menjadi tempat hidup mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik (Kadlec & Wallace, 2009). Dengan demikian, vegetasi rawa memiliki potensi besar sebagai *biofilter* alami dalam memperbaiki kualitas air di lahan pasang surut.

Di lahan sulfat masam, banyak tumbuh gulma rawa. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman tersebut adaptif pada kondisi lingkungan yang sangat ekstrim kemasamannya. Tanaman tersebut antara lain adalah purun tikus (*Eleocharis dulcis*), purun tikar (*Eleocharis congesta*), hering-hering, rumput segitiga (*Cyperus distans*), bulu babi (*Eleocharis retroflaxa*), teratai (*Nymphaoides indica*), ganggang (*Hydrilla verticillata*), rumput air (*Hydrotrichum echinospermum*), dan benta (*Leesia hexandra Sw.*).

Berdasarkan analisis tanaman, ada beberapa gulma rawa yang mengandung besi total cukup tinggi, yaitu purun tikus, rumput segitiga, bulu babi, teratai dan ganggang. Idealnya gulma rawa yang dijadikan sebagai *biofilter* adalah gulma yang serapan Fe nya meningkat seiring bertambahnya umur gulma. Selain itu, pemilihan gulma

sebagai *biofilter* juga perlu mempertimbangkan aspek teknis, seperti kemudahan diaplikasikan di lapangan. Ditinjau daya adaptasi di lapangan maka purun tikus dan bulu babi dapat dijadikan sebagai *biofilter*. Kedua tanaman tersebut, selain daya adaptasinya tinggi, daya serapnya terhadap Fe juga cukup memadai. Selain itu, ion-ion besi sering menempel pada batang tanaman tersebut sehingga menambah jumlah ion besi yang ikut terserap/terjerap. Bila air mengandung banyak asam organik, maka akan terbentuk karat pada batang *biofilter*.

Tanaman purun yang tumbuh dominan di lingkungan tanah sulfat masam dapat dipilah menjadi dua, yaitu purun tikus/kudung (*Eleocharis dulcis*) dan purun tikar (*Eleocharis conesta*). Purun tikus berkembang baik pada lahan sulfat masam yang tergenang cukup lama dalam setahun, misalnya pada saluran-saluran drainase atau cekungan-cekungan. Tanaman ini tahan terhadap pH air yang sangat rendah (< 3,2).

Proses biofiltrasi oleh tanaman rawa berlangsung melalui beberapa mekanisme utama, yaitu:

1. Fitoekstraksi (*Phytoextraction*)

Fitoekstraksi merupakan proses penyerapan unsur-unsur tertentu oleh tanaman melalui sistem perakaran, kemudian diakumulasi dalam jaringan tanaman. Tanaman rawa dapat menyerap berbagai unsur seperti nitrogen (N), fosfor (P), besi (Fe), dan logam lainnya yang terdapat dalam air atau tanah (Ali *et al.*, 2013).

2. Fitostabilisasi (*Phytostabilization*)

Fitostabilisasi adalah proses penstabilan unsur-unsur tertentu di dalam tanah atau air sehingga tidak mudah berpindah atau menjadi toksik. Akar tanaman dapat mengikat logam tertentu dan mengurangi mobilitasnya di lingkungan.

3. Fitodegradasi (*Phytodegradation*)

Fitodegradasi merupakan proses penguraian senyawa organik oleh tanaman atau mikroorganisme yang hidup di sekitar perakaran tanaman. Mikroorganisme tersebut memanfaatkan senyawa organik sebagai sumber energi sehingga membantu menurunkan kandungan bahan pencemar dalam air.

4. Rhizofiltrasi (*Rhizofiltration*)

Rhizofiltrasi adalah proses penyaringan zat terlarut oleh sistem perakaran tanaman. Akar tanaman rawa dapat menyerap atau mengikat berbagai unsur yang terbawa oleh aliran air.

Vegetasi rawa seperti purun tikus (*Eleocharis dulcis*) memiliki mekanisme adaptif yang efektif dalam mereduksi toksisitas besi (Fe) pada lingkungan lahan pasang surut. Pada kondisi tanah tergenang dan reduktif, Fe umumnya berada dalam bentuk Fe²⁺ yang larut dan bersifat toksik bagi tanaman. Namun, purun tikus mampu memodifikasi kondisi

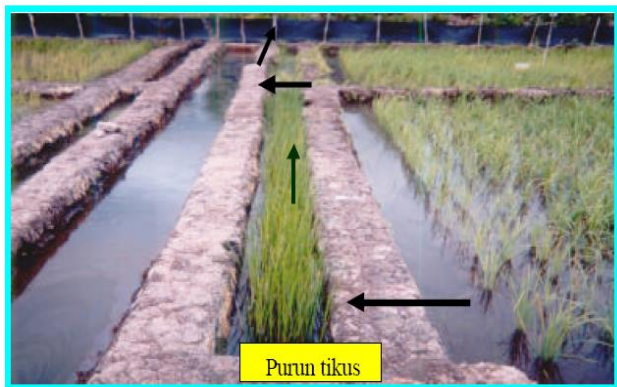
kimia di sekitar perakarannya melalui pelepasan oksigen dari jaringan aerenkima ke zona rhizosfer. Proses ini memicu oksidasi Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ yang selanjutnya mengalami hidrolisis dan mengendap sebagai senyawa tidak larut seperti Fe(OH)₃. Mekanisme ini dikenal sebagai *radial oxygen loss* (ROL) dan merupakan proses kunci dalam menurunkan kelarutan serta mobilitas Fe di lingkungan perakaran (Armstrong, 1979; Colmer, 2003).

Endapan Fe³⁺ yang terbentuk kemudian terakumulasi pada permukaan akar dalam bentuk lapisan yang dikenal sebagai *iron plaque*. Lapisan ini tidak hanya berfungsi sebagai hasil dari proses oksidasi, tetapi juga berperan sebagai penghalang difusi yang membatasi masuknya Fe berlebih ke dalam jaringan tanaman. Selain itu, *iron plaque* memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi terhadap berbagai ion, sehingga berfungsi sebagai media penjerap (*adsorben*) alami di zona perakaran (Hansel *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 1980). Dengan demikian, mekanisme yang dominan pada purun tikus bukanlah penyerapan Fe ke dalam jaringan, melainkan proses oksidasi yang diikuti oleh pengendapan dan penempelan Fe pada permukaan akar.

Meskipun demikian, sebagian kecil Fe tetap diserap oleh tanaman sebagai unsur hara mikro esensial. Untuk mencegah terjadinya keracunan, tanaman memiliki mekanisme internal seperti pengikatan Fe oleh protein penyimpan (misalnya ferritin) dan pengkompartementasian dalam *vakuola*. Namun, kontribusi mekanisme internal ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan proses eksklusi eksternal melalui pembentukan *iron plaque* (Becker & Asch, 2005). Oleh karena itu, dalam konteks fungsi ekologis sebagai *biofilter*, purun tikus lebih berperan sebagai agen yang mengimobilisasi Fe di lingkungan perakaran melalui proses oksidasi dan presipitasi, dibandingkan sebagai akumulator Fe dalam jaringan. Mekanisme ini menjadikan purun tikus efektif dalam menurunkan konsentrasi Fe terlarut di perairan rawa serta memperbaiki kualitas air bagi pertumbuhan tanaman budidaya seperti padi.



Gambar 25. Keragaan beberapa gulma di lahan pasang surut yang berpotensi sebagai *biofilter*



Gambar 26. Purun tikus yang ditanam di saluran drainase yang berfungsi sebagai *biofilter*

Pemanfaatan gulma rawa sebagai *biofilter* dapat menjadi salah satu strategi pengelolaan lahan pasang surut yang ramah lingkungan. Pendekatan ini memanfaatkan fungsi ekologis tanaman rawa untuk memperbaiki kualitas air secara alami tanpa memerlukan teknologi yang kompleks. Dalam sistem pertanian lahan rawa, vegetasi rawa dapat dimanfaatkan pada saluran air, kolam penampung, atau area tertentu sebagai zona *biofilter*. Keberadaan tanaman tersebut dapat membantu menurunkan kandungan unsur toksik serta memperbaiki kualitas air sebelum digunakan untuk kegiatan budidaya. Selain meningkatkan kualitas lingkungan, pemanfaatan gulma rawa sebagai *biofilter* juga mendukung konsep pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang tersedia secara alami.

IV. PENGARUH *BIOFILTER* TERHADAP PRODUKSI PADI DI LAHAN PASANG SURUT

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan budidaya padi di lahan rawa pasang surut. Air yang memiliki pH rendah serta kandungan besi (Fe) dan aluminium (Al) yang tinggi dapat menyebabkan keracunan pada tanaman padi, menghambat penyerapan unsur hara, dan akhirnya menurunkan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, upaya perbaikan kualitas air menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan produksi padi pada ekosistem rawa (Noor, 2010).

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas air adalah dengan memanfaatkan vegetasi rawa sebagai *biofilter* alami. Tanaman rawa mampu menyerap unsur hara berlebih, logam tertentu, serta berbagai senyawa yang dapat menurunkan kualitas air. Proses ini dikenal sebagai fitoremediasi, yaitu pemanfaatan tanaman untuk mengurangi kandungan zat pencemar dalam lingkungan (Ali *et al.*, 2013).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem *biofilter* pada saluran air atau kolam penampung di lahan rawa dapat memperbaiki kualitas air yang digunakan untuk budidaya padi. Perbaikan kualitas air tersebut antara lain ditunjukkan oleh peningkatan nilai pH serta penurunan konsentrasi besi terlarut (Fe) dan

aluminium (Al). Kondisi ini memberikan lingkungan yang lebih optimal bagi pertumbuhan tanaman padi sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Masganti *et al.*, 2017).

Penelitian mengenai pemanfaatan vegetasi rawa sebagai *biofilter* dalam sistem pengelolaan air menunjukkan bahwa keberadaan tanaman air pada saluran atau kolam pengendapan mampu menurunkan kandungan logam serta nutrisi tertentu dalam air sebelum dialirkan ke lahan pertanian. Dengan kualitas air yang lebih baik, tanaman padi dapat tumbuh lebih optimal dan menghasilkan produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi tanpa perlakuan *biofilter* (Kadlec & Wallace, 2009).

Selain itu, penerapan *biofilter* vegetasi juga dapat membantu menstabilkan lingkungan perakaran tanaman padi. Akar tanaman rawa yang berkembang di sekitar saluran air dapat berperan dalam menyaring partikel tersuspensi serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus unsur hara. Aktivitas mikroorganisme tersebut dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman padi (Vymazal, 2011).



Gambar 27. Keragaan tanaman padi yang menggunakan purun tikus sebagai *biofilter*

Pemanfaatan vegetasi rawa, termasuk gulma adaptif seperti purun tikus (*Eleocharis dulcis*), dalam sistem *biofilter* menunjukkan kemampuan dalam memperbaiki parameter kualitas air tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan tanaman rawa mampu meningkatkan pH air dari kisaran sangat masam ($\pm 3,5-4,0$) menjadi mendekati netral ($\pm 5,0-6,5$) melalui proses oksidasi di zona perakaran dan penurunan konsentrasi ion logam terlarut (Mitsch & Gosselink, 2015; Vymazal, 2011). Selain itu, konsentrasi Fe terlarut dilaporkan dapat menurun secara signifikan hingga lebih dari 60–90% akibat proses oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang kemudian mengendap sebagai $Fe(OH)_3$ di sekitar akar tanaman (Hansel *et al.*, 2001; Sheoran & Sheoran, 2006). Perbaikan kualitas air ini berdampak langsung terhadap lingkungan perakaran tanaman padi. Penurunan konsentrasi Fe^{2+} akan mengurangi tekanan toksisitas, memperbaiki penyerapan hara esensial, serta

meningkatkan pertumbuhan akar dan produktivitas tanaman. Dengan demikian, keberadaan gulma rawa sebagai *biofilter* tidak hanya berfungsi dalam memperbaiki kualitas air secara kimiawi, tetapi juga berkontribusi nyata dalam meningkatkan produktivitas padi pada lahan rawa pasang surut. Pendekatan ini menjadi sangat relevan dalam mendukung keberlanjutan pengembangan lahan rawa sebagai sumber produksi pangan, khususnya dalam mengatasi kendala utama berupa kualitas air yang rendah.

V. PENUTUP

Penerapan *biofilter* berbasis vegetasi rawa, termasuk gulma rawa yang memiliki potensi fitoremediasi, dapat menjadi salah satu strategi inovatif dalam meningkatkan kualitas air serta mendukung peningkatan produksi padi di lahan pasang surut. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga mendukung pengelolaan lahan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Secara umum, penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis vegetasi dalam pengelolaan air dapat meningkatkan kualitas lingkungan lahan rawa. Dengan kualitas air yang lebih baik, tanaman padi dapat tumbuh lebih optimal sehingga potensi hasil yang diperoleh juga meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, W. 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research*, 7, 225–332.
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. 2013. Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881.
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. 2013. Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881.
- Asikin, A. dan M. Thamrin. 2012. Manfaat Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Pada Ekosistem Rawa. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31: 35 – 42.
- Becker, M., & Asch, F. 2005. Iron toxicity in rice—conditions and management concepts. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 558–573.
- Chen, C. C., Dixon, J. B., & Turner, F. T. 1980. Iron coatings on rice roots: morphology and models of development. *Soil Science Society of America Journal*, 44(5), 1113–1119.
- Colmer, T. D. 2003. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. *Plant, Cell & Environment*, 26(1), 17–36.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. 2009. *Treatment Wetlands*. CRC Press.
- Hansel, C. M., Fendorf, S., Sutton, S., & Newville, M. (2001). Characterization of Fe plaque and associated metals on the roots of mine-waste impacted aquatic plants.

Environmental Science & Technology, 35(19), 3863–3868

- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. 2009. *Treatment Wetlands*. CRC Press.
- Masganti, Anwar, K., & Susanti, M. A. 2017. *Pengelolaan Lahan Rawa untuk Pertanian Berkelanjutan*. IAARD Press.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. 2015. *Wetlands* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Noor, M. 2010. *Lahan Rawa: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya*. Rajawali Press.
- Sheoran, A. S., & Sheoran, V. 2006. Heavy metal removal mechanism of wetlands. *Minerals Engineering*, 19, 105–116.
- Susilawati A, Nursyamsi D dan Syakir M. 2016. Optimalisasi Penggunaan Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan Nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 10(1), 51–64.
- Susilawati, A. and A. Fahmi., 2013. Dinamika Besi pada Tanah Sulfat Masam Yang Ditanami Padi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7: 67-75.
- Vymazal, J. 2011. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow. *Hydrobiologia*, 674, 133–156.

Pertanian Ramah Lingkungan Mendukung Ketahanan dan Keamanan Pangan

Ika Ferry Yunianti dan Dolty Mellyga Wangga Paputri

Balai Perakitan dan Pengujian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah

RINGKASAN

Pertanian ramah lingkungan didefinisikan sebagai sistem pertanian berbasis agroekologi dan memiliki konsep keberlanjutan hasil pertanian yang tinggi serta menguntungkan secara ekonomi. Salah satu keunggulan pertanian ramah lingkungan adalah mampu menghasilkan pangan yang lebih sehat (bebas dari residu bahan agrokimia). Selain itu, ketahanan pangan juga dapat ditingkatkan karena pendekatan ini mendorong keberlanjutan produksi jangka panjang. Komponen teknologi pertanian ramah lingkungan diantaranya yaitu pemupukan berimbang, penggunaan bahan pembenah tanah (*soil ameliorant*), pengairan berselang (*intermittent irrigation*), penggunaan varietas padi rendah emisi, dan pengelolaan hama terpadu. Pertanian ramah lingkungan memiliki peluang yang cukup besar untuk diterapkan oleh petani, namun demikian adopsi teknologi ini juga masih menghadapi beberapa tantangan. Implementasi pertanian ramah lingkungan memerlukan pendekatan holistik yang melibatkan teknologi, pengetahuan, dan komitmen terhadap keberlanjutan jangka panjang guna mendukung ketahanan dan keamanan pangan.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk secara langsung mendorong meningkatnya kebutuhan pangan. Dalam hal ini, sektor pertanian memiliki peran krusial sebagai penyedia utama pangan bagi masyarakat. Namun, praktik pertanian yang masih didominasi oleh sistem konvensional cenderung ditandai oleh pemakaian pupuk secara berlebihan, minimnya pengembalian bahan organik ke lahan, dan aplikasi pestisida yang seringkali melebihi dosis anjuran. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti degradasi lahan, pencemaran air, berkurangnya keanekaragaman hayati, dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu diperlukan pendekatan pertanian ramah lingkungan sebagai solusi untuk memastikan keamanan pangan dan ketahanan pangan dalam jangka panjang.

Pendekatan ini tidak hanya menekankan peningkatan produktivitas tanaman, tetapi juga keberlanjutan ekosistem melalui pengelolaan sumberdaya alam yang bijak. Dalam konteks ini pertanian ramah lingkungan menjadi strategi yang penting karena dapat menjamin produktivitas ekologis jangka panjang tanpa degradasi sumberdaya alam dan lingkungan, serta berkontribusi pada keberlanjutan dalam sektor pertanian

dengan mengedepankan praktik yang menjaga kelestarian hidup.

Praktik pertanian ramah lingkungan sering dibahas parsial, tetapi belum banyak diulas sebagai sistem terpadu untuk mendukung ketahanan dan keamanan pangan. Sistem pertanian ramah lingkungan terpadu dikembangkan dengan berpedoman pada budidaya pertanian yang baik melalui sinergis antar komponen teknologi seperti pengelolaan tanaman terpadu, sistem tanam jajar legowo, sistem integrasi tanaman-ternak bebas limbah, dan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) secara terpadu (Wihardjaka, 2018).

Pertanian ramah lingkungan memiliki konsep keberlanjutan dan berbasis agroekologi yang diharapkan mampu memperbaiki kuantitas dan kualitas hasil yang pertanian. Saat ini, sistem pertanian ramah lingkungan mulai digalakkan dalam rangka mendukung upaya mencapai swasembada pangan dan pertanian yang berkelanjutan. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang pentingnya penerapan praktik pertanian ramah lingkungan secara terpadu untuk mendukung ketahanan pangan dan memastikan ketersediaan pangan yang aman bagi masyarakat.

II. KONSEP PERTANIAN RAMAH LINGKUNGAN

Pertanian konvensional berkembang dengan adanya revolusi hijau, yang mengandalkan penggunaan bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) untuk meningkatkan produktivitas. Namun demikian, penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan memiliki dampak negatif seperti degradasi tanah, pencemaran air, dan penurunan keanekaragaman hayati. Seiring berjalannya waktu, kesadaran akan pentingnya keseimbangan antara produksi pangan dan keberlanjutan lingkungan semakin meluas, mendorong pergeseran dari praktik pertanian konvensional menuju praktik pertanian yang ramah lingkungan.

Pertanian ramah lingkungan merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang penyelenggaraannya berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2019 meliputi asas kebermanfaatan, keberlanjutan, berkedaulatan, keterpaduan, kebersamaan, kemandirian, keterbukaan, efisiensi berkeadilan, kearifan lokal, kelestarian fungsi lingkungan hidup, dan perlindungan negara. Menurut Wihardjaka (2018), sasaran dari pembangunan pertanian adalah untuk meningkatkan produktivitas tanaman pertanian baik tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan dengan memperhatikan

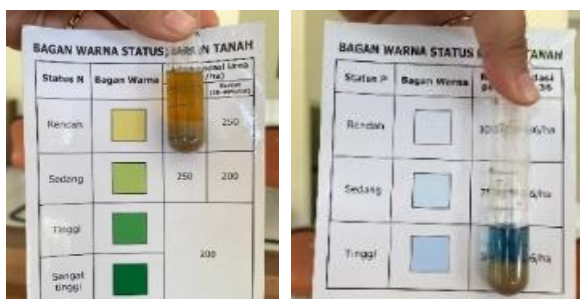
kelestarian lingkungan, keamanan pangan, dan kesejahteraan petani. Untuk mencapai sasaran tersebut, budidaya tanaman pertanian, khususnya tanaman pangan dilakukan dengan pendekatan budidaya pertanian yang baik atau *Good Agricultural Practices* (GAP) yang tidak lain adalah sistem pertanian ramah lingkungan. Menurut Anggraini *et al.*, (2024), salah satu aspek utama dalam pertanian ramah lingkungan adalah penerapan praktik budidaya yang meminimalkan penggunaan bahan agrokimia yang berpotensi merusak/mencemari lingkungan dan produk pangan. Aspek lain yang tak kalah penting yaitu pengelolaan limbah pertanian, penggunaan energi terbarukan, serta upaya adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim.

III. PRAKTIK PERTANIAN RAMAH LINGKUNGAN

Penerapan teknologi pertanian ramah lingkungan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan meminimalkan risiko kerusakan lingkungan. Komponen teknologi pertanian ramah lingkungan yang dapat diterapkan dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas diantaranya yaitu: pemupukan berimbang, penggunaan bahan pembenah tanah (*soil ameliorant*), pengairan berselang (*intermittent irrigation*), penggunaan varietas padi rendah emisi, dan pengelolaan hama terpadu.

1. Pemupukan Berimbang

Penggunaan pupuk berlebihan merupakan salah satu tantangan dalam penerapan pertanian ramah lingkungan karena berpotensi menyebabkan degradasi tanah, pencemaran air, dan penurunan efisiensi pemupukan. Oleh karena itu, diperlukan penerapan pemupukan berimbang, yaitu pemberian pupuk yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan status hara tanah. Prinsipnya pemupukan berimbang mencakup ketepatan dosis, jenis, waktu, dan cara aplikasi. Rekomendasi pemupukan dapat mengacu pada Permentan No. 13 Tahun 2022, peta status hara tanah, PUTS, dan aplikasi SIAP TANAM.



Gambar 28. Penentuan rekomendasi pemupukan menggunakan PUTS

2. Penggunaan Bahan Pembenah Tanah (*Soil Ameliorant*)

Bahan pembenah tanah digunakan untuk meningkatkan kualitas lahan, mendukung pertumbuhan tanaman, dan aktivitas biota tanah. Meskipun mengandung hara, bahan ini bukan pupuk karena kandungannya rendah dan

ketersediaannya terbatas (Dariah *et al.*, 2015). Pembenah tanah terdiri atas bahan alami (misalnya kompos, biochar, kapur) dan sintetis (misalnya polimer tertentu). Dalam penerapannya, disarankan memilih bahan yang ekonomis, mudah diperoleh secara lokal, serta bersifat terbarukan untuk mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan.



Gambar 29. Biochar dan kompos sebagai bahan pembenah tanah

3. Pengairan Berselang (*Intermittent Irrigation*)

Pengairan terus-menerus pada lahan sawah dapat meningkatkan konsumsi air dan emisi gas rumah kaca. Sebagai alternatif, pengairan berselang termasuk metode *alternate wetting and drying* (AWD) dilakukan dengan siklus penggenangan dan pengeringan untuk meningkatkan efisiensi air sesuai kebutuhan fase pertumbuhan padi. Teknik ini tidak hanya menghemat air, tetapi juga mampu menurunkan potensi pemanasan global hingga 29–90% serta memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan mikrobiologis tanah, sekaligus menekan emisi CH₄ (Choi *et al.*, 2019).



Gambar 30. Pemasangan piezometer untuk mengetahui tinggi muka air

4. Penggunaan Varietas Padi Rendah Emisi

Tanaman padi menyumbang sekitar 98% emisi CH₄, sedangkan ebulisi dan difusi bersama-sama hanya menyumbang 2% emisi CH₄ (Wang *et al.*, 2017). Kemampuan tanaman padi dalam mengemisikan CH₄ berbeda-beda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan sifat fisiologi dan morfologi dari masing-masing varietas. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman padi dalam mengemisikan CH₄ antara lain: rongga aerenkhima, jumlah anakan, biomassa padi, eksudat akar, pola perakaran dan daya oksidasi, serta aktivitas mikroorganisme di sekitar perakaran (Wihardjaka, 2020). Pemilihan varietas padi rendah emisi dan produksi tinggi merupakan salah satu strategi mitigasi emisi GRK dari lahan sawah, terutama dalam mengurangi emisi CH₄. Penggunaan varietas padi rendah emisi diharapkan dapat digunakan dalam upaya mitigasi dan adaptasi dari sektor pertanian.

Tabel 2. Emisi CH₄ dari beberapa varietas padi

No.	Varietas padi	Emisi CH ₄ (kg/ha/musim)
1	Ciherang	115
2	Inpari 13	246
3	Inpari 16	189
4	Inpari 18	250
5	Inpari 23	196
6	Inpari 28	147
7	Inpari 31	290
8	Inpari 32	339
9	Inpari 33	264
10	Inpari Sidenuk	188
11	IR 64	202
12	IPB 3S	263
13	Mekongga	195
14	Unsoed 1	340
15	Hipa 14 SBU	261
16	Unsrat 2	164

Sumber: Kartikawati (2018); Ariani dan Sopiawati (2024)

5. Pengelolaan Hama Terpadu

Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) merupakan salah satu faktor pembatas dalam mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan karena dapat menurunkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. Untuk mengatasinya, perlu diterapkan Pengelolaan Hama Terpadu (PHT), yaitu adalah pendekatan yang menggabungkan tindakan preventif dan korektif secara ramah lingkungan. Pendekatan ini dikembangkan sebagai respon terhadap dampak negatif penggunaan pestisida kimia berlebihan, seperti munculnya resistensi OPT, gangguan organisme non-target, dan pencemaran. PHT mengombinasikan berbagai teknik pengendalian meliputi kultur teknis, fisik, mekanik, hayati, dan kimiawi, dengan penggunaan pestisida kimia digunakan sebagai pilihan terakhir apabila populasi OPT melampaui ambang batas.



Gambar 31. Pemanfaatan tanaman refugia dan *light trap* dalam pengendalian OPT

Kelima komponen teknologi ramah lingkungan tersebut diatas pada hakikatnya tidak beroperasi secara terpisah, melainkan saling terintegrasi dan membentuk suatu sistem pertanian ramah lingkungan yang menyeluruh. Sistem ini bekerja secara sinergis pada komponen utama agroekosistem, yaitu tanah, air, tanaman, serta organisme biotik. Penerapan pemupukan berimbang berfungsi untuk memastikan ketersediaan hara yang optimal sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatannya oleh tanaman. Sementara itu, penggunaan bahan pembenah tanah berkontribusi dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pemupukan secara keseluruhan.

Praktik pengairan berselang berperan dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, memperbaiki kondisi perakaran tanaman, serta menurunkan emisi gas rumah kaca. Pemanfaatan varietas padi rendah emisi juga menjadi strategi penting dalam mendukung mitigasi perubahan iklim tanpa mengorbankan produktivitas tanaman. Seluruh komponen tersebut kemudian diperkuat oleh penerapan pengelolaan hama terpadu yang berfungsi menjaga keseimbangan agroekosistem sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida kimia. Dengan demikian, integrasi berbagai komponen teknologi ini menghasilkan sistem pertanian yang berkelanjutan, efisien, dan berwawasan lingkungan.

Secara lebih luas, pertanian ramah lingkungan berperan penting dalam menjaga ketahanan dan keamanan pangan di tengah tantangan perubahan iklim dan degradasi lahan. Sistem ini menekankan penggunaan agrokimia secara bijaksana agar produktivitas tetap terjaga tanpa menimbulkan pencemaran, sehingga mampu menghasilkan pangan yang aman, berkualitas, dan berdaya saing. Selain itu, pendekatan ini mendukung keberlanjutan ekosistem melalui peningkatan kesuburan tanah, pengurangan erosi, dan efisiensi penggunaan air, serta berkontribusi dalam

mitigasi perubahan iklim melalui penurunan emisi gas rumah kaca dan peningkatan serapan karbon. Penerapan teknologi seperti tanpa olah tanah dan integrasi tanaman-ternak semakin memperkuat posisi sistem ini sebagai solusi strategis bagi keberlanjutan pertanian di masa depan

Meskipun demikian, pengembangan pertanian ramah lingkungan masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan pengetahuan dan kapasitas petani, minimnya dukungan pelatihan dan penyuluhan, serta akses pasar yang belum optimal. Di sisi lain, peluang pengembangannya cukup besar, didukung oleh meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pangan sehat, berkembangnya pasar produk organik, kemajuan teknologi, serta kebijakan pemerintah yang mendukung. Oleh karena itu, diperlukan strategi terpadu yang mencakup penguatan kapasitas petani, dukungan kebijakan, inovasi teknologi, serta pengembangan pasar untuk mempercepat implementasi pertanian ramah lingkungan secara luas dan berkelanjutan.

IV. PENUTUP

Pertanian ramah lingkungan tidak lagi dapat dipandang sebagai alternatif, melainkan telah menjadi kebutuhan mendesak dalam menjamin keberlanjutan sistem pangan di tengah tekanan perubahan iklim dan degradasi sumber daya alam. Transformasi menuju sistem pangan berkelanjutan mensyaratkan integrasi berbagai teknologi pertanian yang adaptif, efisien, dan rendah emisi sebagai fondasi utama dalam meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

Percepatan adopsi teknologi di tingkat petani menjadi langkah strategis yang harus didukung melalui penguatan sistem penyuluhan pertanian yang efektif, partisipatif, dan berbasis kebutuhan lokal. Selain itu, penerapan insentif bagi teknologi rendah emisi perlu dioptimalkan guna mendorong perubahan perilaku petani menuju praktik yang lebih ramah lingkungan. Keseluruhan upaya tersebut memerlukan dukungan kebijakan yang komprehensif, konsisten, dan berkelanjutan agar implementasi pertanian ramah lingkungan dapat berjalan secara luas dan berdampak nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S., Sinaga, E., Loso, S., Heirina, A., & Vajri, I. Y. (2024). Z-FARM WISDOM: Menyatukan tradisi dan inovasi pertanian ramah lingkungan untuk generasi z. *Insight Mediatama*.
- Ariani, M., & Sopiawati, T., (2024). Status dan capaian penurunan emisi GRK sektor pertanian. *Warta Sumber Daya Lahan Pertanian*, 1(1), 10-16.

- Choi, J., Uphoff, N., Kim, J., & Lee, S. (2019). Greenhouse gas reduction from paddy by environmentally-friendly intermittent irrigation: A review. *Journal of Wetlands Research*, 21(1), 43-56.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, W., & Pratiwi, E. (2015). Pembena tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 67-84.
- Kartikawati, R., Yulianingsih, E., & Wihardjaka, A. (2018). Methane emission from Indonesian high yielding rice cultivars. Proceeding of International Workshop and Seminar. *Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency*. ISBN 978-602-344-251-5, DOI: 10.5281/zenodo.3345275
- Wang, C., Lai, D. Y., Sardans, J., Wang, W., Zeng, C., & Peñuelas, J. (2017). Factors related with CH₄ and N₂O emissions from a paddy field: clues for management implications. *PLoS one*, 12(1), e0169254.
- Wihardjaka, A. (2018). Penerapan model pertanian ramah lingkungan sebagai jaminan perbaikan kuantitas dan kualitas hasil tanaman pangan. *Jurnal Pangan*, 27(2), 155-164.
- Wihardjaka, A., Pramono, A., & Sutriadi, M. T. (2020). Peningkatan produktivitas padi sawah tadah hujan melalui penerapan teknologi adaptif dampak perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(1), 25-36.

TIM REDAKSI: Penanggungjawab : Asdianto, S.P., M.T ; Ketua Redaksi : Angri Hervani, S.P. M.Sc; Ketua Editor : Dr. Maulia Aries Susanti, S.P., M.Sc; Editor : Ir. Rudi Eko Subandiono, M.Sc, Mety Maryanti, S.P, Yola Septiana Dewi, S.I.Kom; Sekretariat : Ferdiana Ayu Cahyaningtyas, A.Md; Desain Sampul & Penata Isi : Andriyan Priyatna, S.I.Kom; Arifin Al Amiri Maswar, S.E

Petunjuk bagi Penulis

Ketentuan Umum

Warta Sumber Daya Lahan Pertanian bertujuan untuk mempublikasikan tulisan semi ilmiah atau populer terkait sumberdaya lahan pertanian, perubahan iklim pertanian, informasi geospasial, serta hasil-hasil produk standar dan pengujian sumberdaya lahan pertanian.

Ruang lingkup

Warta ini menerima tulisan-tulisan dari topik sumberdaya lahan dan perubahan iklim, meliputi:

- Data dan Informasi Geospasial
- Pengelolaan Sumber Daya Lahan
- Ilmu Tanah dan Pemupukan
- Agroklimat dan Hidrologi Pertanian
- Lahan Rawa Pertanian
- Lingkungan Pertanian
- Perubahan Iklim Pertanian
- Rekomendasi kebijakan sumber daya lahan
- Pengelolaan lahan pertanian berkelanjutan
- Penyebarluasan dan penerapan standar instrumen sumber daya lahan dan perubahan iklim pertanian

Struktur

Naskah disusun dalam urutan: judul tulisan, nama penulis dengan alamat instansinya, alamat email penulis utama, ringkasan, pendahuluan, topik-topik yang dibahas, penutup, serta daftar pustaka (yang relevan dengan topik bahasan dan terbit 7 tahun terakhir).

Bentuk Naskah

Makalah harus diketik pada kertas ukuran A4 dengan spasi ganda dan pias atas, bawah, kiri, kanan 2.5 cm, dengan draft antara 6-12 halaman termasuk tabel dan gambar. Font harus menggunakan Calibri ukuran 10 pt dalam format MS Word. Tabel dan gambar dapat dipisahkan dari tubuh tulisan dan diletakan setelah daftar pustaka, namun lokasi tabel dan gambar harus ditandai di dalam tubuh tulisan.

Judul Naskah

Judul harus jelas, faktual, informatif dan terdiri dari maksimum 10 kata. Nama penulis harus ditulis di bawah judul, yang dilengkapi dengan alamat penulis.

Ringkasan

Merupakan inti sari dari seluruh tulisan, maksimal 250 kata. Abstrak harus menguraikan tulisan secara singkat.

Pendahuluan

Berisi poin-poin penting dari isi naskah, latar belakang, pengantar, tujuan tulisan dan ruang lingkup topik bahasan.

Topik bahasan

Berisi Informasi tentang topik yang dibahas sesuai dengan ruang lingkup warta sumber daya lahan pertanian dan disusun secara terstruktur.

Penutup

Berisi kesimpulan dari topik pembahasan.

Daftar Pustaka

Referensi yang relevan dengan topik bahasan dan terbit 7 tahun terakhir. Daftar pustaka harus dilist menurut urutan alfabet. Berikut ini adalah format dasar yang digunakan:

Artikel Jurnal

Akhter M, Sneller CH. 1996. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the mid-south. *Crop Sci.* 36(1):877-882.

Buku

Bosc AN, Ghosh SN, Yang CT, Mitra A. 1991. Coastal Aquaculture Engineering. Oxford and IBH Pub. Co. Prt. Ltd., New Delhi. 365 pp.



WARTA SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN

Warta ini diterbitkan oleh Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian sebagai sarana diseminasi informasi ilmiah dan semi-ilmiah di bidang sumber daya lahan pertanian.

Kami menyampaikan penghargaan kepada para penulis yang telah berkontribusi dalam bentuk naskah ilmiah. Melalui penerbitan ini, diharapkan terjadi peningkatan pemahaman dan penerapan ilmu pengetahuan dalam pengelolaan sumber daya lahan, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Publikasi ini memuat artikel-artikel yang bertujuan untuk memperkaya khasanah keilmuan serta memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai aspek-aspek terkait lahan pertanian, termasuk tanah, lingkungan, agroklimat, ekosistem rawa, dan topik relevan lainnya.

INFO KONTAK

Kampus Penelitian Pertanian, Cimanggu, Jl. Tentara Pelajar No.12, RT.01/RW.07, Ciwaringin, Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16124

brmp.sdlahan@pertanian.go.id

(0251) 8323012, 0813-7727-7346; (021) 7800644

TIM REDAKSI

Penanggung Jawab

Asdianto, S.P., M.T

Ketua Redaksi

Anggri Hervani, S.P., M.Sc

Ketua Editor

Dr. Maulia Aries Susanti, S.P., M.Sc

Sekretariat

Ferdiana Ayu Cahyaningtyas, A.Md

Editor

Ir. Rudi Eko Subandiono, M.Sc

Mety Maryanti, S.P

Yola Septiana Dewi, S.I.Kom

Desain Sampul & Penata Isi

Andriyan Priyatna, S.I.Kom

Arifin Al Amiri Maswar, S.E

