

# Kajian Peningkatan Efisiensi Operasional dan Produktivitas Pangan Melalui Penerapan *Smart Irrigation System* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) pada Daerah Irigasi Manganti

Andi Widyanto<sup>1\*</sup>, Hadiyanto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*Corresponding author: andiwdyanto@gmail.com

(Received: January 8, 2026; Accepted: February 10, 2026)

## Abstract

**Study on Improving Operational Efficiency and Food Productivity Through the Implementation of an Artificial Intelligence (AI)-Based Smart Irrigation System in the Manganti Irrigation Area.** The Manganti Irrigation Area (DI) with a service area of 26,153 Ha utilizes the Citanduy River water source through the Manganti Dam which flows into the primary channels of Sidareja, Cihaur and Lakbok Selatan facing problems of water distribution inefficiency due to network leaks, illegal tapping, operational errors, and uncertainty of water availability during the dry season. This study evaluates the implementation of the Manganti Smart Irrigation System in the Manganti DI in improving operational efficiency and food productivity. The research method uses a qualitative approach. This system integrates Internet of Things (IoT) infrastructure including sensors, actuators and fiber optic networks with Artificial Intelligence (AI) algorithms for real-time management of sluice gates, real allocation and real losses. Validation of the AI model shows high precision in forecasting water allocation with a Mean Absolute Error (MAE) of 0.034 and R<sup>2</sup> of 0.936. The implementation of this system significantly improved the performance of the irrigation network, demonstrated by the expansion of the effective service area by 3,300 hectares, an increase in the Cropping Index from 173.22% to 219.17%, and an increase in rice production to 233,654 tons. Furthermore, operational efficiency was achieved through labor cost savings of Rp2.82 billion per year (41.4%), and increased rice production with a potential economic added value of around Rp51.3 billion per season. This innovation represents a reliable and economical technical solution in irrigation modernization to support sustainable food self-sufficiency.

**Keywords:** Smart Irrigation System, Artificial Intelligence, IoT, irrigation efficiency, discharge optimization

## Abstrak

Daerah Irigasi (DI) Manganti dengan luas layanan 26.153 Ha memanfaatkan sumber air Sungai Citanduy melalui Bendung Manganti yang dialirkan ke saluran primer Sidareja, Cihaur dan Lakbok Selatan menghadapi permasalahan inefisiensi distribusi air akibat kebocoran jaringan, sadap liar, kesalahan operasional, serta ketidakpastian ketersediaan air pada musim kemarau. Penelitian ini mengevaluasi implementasi Manganti *Smart Irrigation System* pada DI Manganti dalam meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas pangan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif. Sistem ini mengintegrasikan infrastruktur *Internet of Things* (IoT) mencakup sensor, aktuator dan jaringan *fiber optic* dengan algoritma *Artificial Intelligence* (AI) untuk pengelolaan pintu air secara *real-time*, *real allocation* dan *real losses*. Validasi model AI menunjukkan presisi tinggi dalam *forecasting* alokasi air dengan *Mean Absolute Error* (MAE) 0,034 dan R<sup>2</sup> sebesar 0,936. Implementasi sistem ini meningkatkan kinerja jaringan

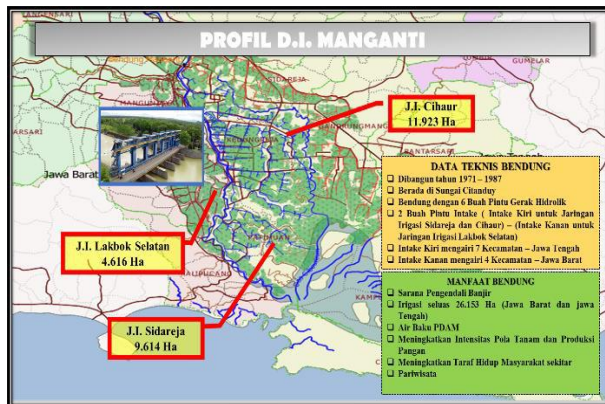
irigasi secara signifikan ditunjukkan oleh perluasan area layanan efektif sebesar 3.300 Ha, peningkatan Indeks Pertanaman dari 173,22% menjadi 219,17%, serta meningkatkan produksi padi menjadi 233.654 ton. Selain itu, efisiensi operasional tercapai melalui penghematan biaya tenaga kerja sebesar Rp2,82 miliar per tahun (41,4%), peningkatan produksi padi dengan potensi nilai tambah ekonomi sekitar Rp51,3 miliar per musim. Inovasi ini merepresentasikan solusi teknis yang andal dan ekonomis dalam modernisasi irigasi untuk mendukung swasembada pangan berkelanjutan.

**Kata kunci:** *Smart Irrigation System, Artificial Intelligence, IoT, efisiensi irigasi, optimasi debit*

**How to Cite This Article:** Widyanto, A., & Hadiyanto, H. (2026). Kajian Peningkatan Efisiensi Operasional dan Produktivitas Pangan Melalui Penerapan Smart Irrigation System berbasis Artificial Intelligence (AI) pada Daerah Irigasi Manganti. *JPII*, 4(1), 25-32. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2026.32308>

## PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Namun, ketersediaan pangan yang merata dan terjangkau masih menjadi tantangan besar dalam pembangunan nasional. Indonesia masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan konsumsi pangan. Dalam konteks ini, swasembada pangan merupakan strategi yang efektif dalam mewujudkan ketahanan pangan suatu negara, menjadikan sektor pertanian sangat bergantung pada penyediaan dan pengelolaan sumber daya air (SDA) yang efektif sebagai input utama. Irigasi merupakan sarana vital untuk menyediakan dan mengatur air bagi lahan pertanian secara tertib dan teratur.



**Gambar 1.** Lokasi DI Manganti

Daerah Irigasi (DI) Manganti merupakan daerah irigasi kewenangan pusat yang berada pada wilayah Sungai Citarum, memiliki area layanan seluas 26.153 Ha meliputi 3 kabupaten pada 2 provinsi, yaitu di Kabupaten Ciamis dan Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah, dengan sumber air dari Sungai Citarum dan disadap melalui Bendung Manganti. Bendung ini mampu mendistribusikan air ke 3 saluran primer yakni saluran primer Sidareja seluas 9.614 Ha, saluran primer Cihaur seluas 11.923 Ha dan saluran primer Lakbok Selatan seluas 4.616 Ha. Kondisi saluran irigasi Manganti saat ini ditemukan beberapa titik kerusakan. Oleh karena itu

diperlukan adanya pemeliharaan jaringan, baik itu perbaikan badan saluran maupun pintu-pintu sepanjang jaringan irigasi Manganti. Selain hal tersebut, permasalahan utama pada DI Manganti adalah banyaknya kehilangan air, baik itu akibat kebocoran, sadap liar, maupun kesalahan operasi pintu, sehingga distribusi air belum efektif pada jaringan irigasi. Hal lain yang menjadi kendala dalam pemberian air irigasi Manganti adalah keandalan air irigasi yang belum terjamin sepanjang tahun (sepanjang masa tanam) dikarenakan ketersediaan air di Sungai Citarum belum terjamin pada musim kemarau. Selain itu pengelolaan *database* DI Manganti belum tersusun dengan baik. Beberapa perbaikan yang telah dikerjakan pada Bendung Manganti dan jaringan irigasinya belum dapat memberikan hasil yang optimal pada lancarnya pengelolaan sumber daya air di jaringan irigasi Manganti.

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya modernisasi sistem irigasi nasional. Modernisasi irigasi tidak hanya sebatas adopsi teknologi baru, tetapi juga mencakup pembaruan kelembagaan dan penguatan kapasitas sumber daya manusia (Muhazzab et al., 2019).

Metode yang digunakan BBWS Citarum dengan melakukan penerapan *Smart Irrigation System*, yaitu sistem irigasi berbasis teknologi digital seperti sensor, kecerdasan buatan *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan sistem irigasi bekerja secara adaptif sesuai kebutuhan aktual dan kondisi lapangan, mengurangi kehilangan air dan meningkatkan produktivitas lahan (Darshna et al., 2015; Obaideen et al., 2022). Sensor dan perangkat IoT mampu mengukur kelembaban tanah, kebutuhan air tanaman, serta memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Data yang dihasilkan dapat digunakan dalam sistem pendukung keputusan atau *Decision Support System* (DSS) untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat dan berkelanjutan (Ragab et al., 2022). Selain itu, penerapan *Smart Irrigation System* artinya mengurangi biaya operasional oleh petugas pemeliharaan. *Smart Irrigation System* yang dikembangkan BBWS Citarum yaitu dengan melakukan digitalisasi pengoperasian pintu air, memasang *water level sensor* untuk memantau elevasi muka air di hulu

pintu serta memasang CCTV agar dapat mengontrol, memonitor dan memvalidasi kondisi debit di saluran secara *real-time* dan transparan.

Tujuan digitalisasi jaringan irigasi Manganti untuk mewujudkan sistem operasi pintu air yang berbasis *real time*, *real allocation* dan *real losses*, sehingga distribusi air dapat dipantau dan dikendalikan secara lebih transparan, tepat waktu dan akurat. Penelitian ini juga membandingkan bagaimana kondisi jaringan irigasi Manganti (eksisting) sebelum dan sesudah dilakukan digitalisasi serta seberapa besar dampak digitalisasi irigasi berbasis AI di Daerah Irigasi Manganti dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air dan mendukung swasembada pangan.

## METODE PENELITIAN

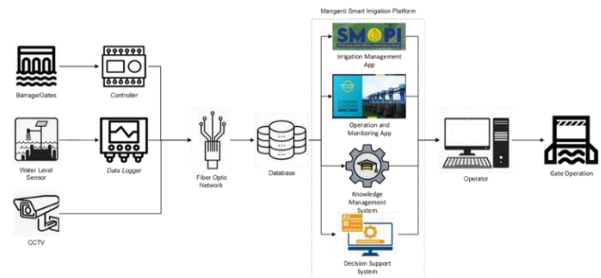
### Data yang Diperlukan dalam Analisis Pengolahan Data

Data yang diperlukan di antaranya: (1) Alokasi air DI Manganti Tahun 2022-2024: tinggi muka air hulu; debit Lakbok Selatan, Sidareja, Cihaur (alokasi), (2) Ketersediaan air untuk kebutuhan air Lakbok Selatan, Sidareja, Cihaur (faktor K), (3) Data anomali pengaliran Tahun 2022-2024. Pengelolaan sumber daya air pada daerah irigasi, didasarkan pada debit andalan dengan faktor-K sebagai tolok ukur keberhasilannya (Suprpto, 2012). Kendali pengelolaan Daerah Irigasi (DI) yang diterapkan pada jaringan irigasi Manganti adalah dengan memantau nilai perbandingan antara kebutuhan dan pasokan air, dalam bentuk faktor K. Dalam digitalisasi ini, faktor K yang dimaksud sudah masuk ke dalam implementasi *Smart Irrigation System* DI Manganti. Analisis perhitungan koefisien pengaliran yang disebut faktor “K”, debit (Q) tersedia dibagi dengan debit (Q) kebutuhan (Hidayat, 2014). Faktor K tersebut diolah ke dalam pengolahan *Smart Irrigation System* DI Manganti.

### Konsep dan Implementasi *Smart Irrigation System*

Konsep *Smart Irrigation System* DI Manganti yang digunakan yaitu: (1) Sistem digitalisasi pintu air yang digunakan di Daerah Irigasi Manganti adalah menggunakan sistem *Internet Of things* (IoT), pengoperasian buka tutup pintu air berbasis jaringan internet dengan menggunakan jaringan *fiber optic* untuk dapat menghubungkan semua pintu pada jaringan irigasi Manganti; (2) Keunggulan penggunaan sistem IoT ini adalah kemudahan dalam melakukan *maintenance* apabila ditemukan adanya kerusakan atau *error system* dikarenakan sistem ini dibuat di dalam negeri, sehingga teknisi bisa didatangkan dengan segera; (3) Dalam mengoperasikan sistem ini, operator akan dibantu dengan aplikasi *dashboard* di *control room* bendung Manganti untuk melakukan instruksi buka tutup pintu secara *real-time* dan terpantau secara langsung melalui CCTV yang terpasang di masing-masing pintu air di sepanjang saluran irigasi yang sudah terprogram menjadi satu kesatuan; (4)

Hal selanjutnya yang dimiliki sistem ini adalah menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) untuk melakukan pengolahan data dalam pengambilan keputusan serta terdapat *warning system* di *control room* yang sudah terkoneksi dengan *command center* di Kantor BBWS Citanduy, apabila terjadi masalah atau *trouble* semua akan terinformasi. Konsep *Smart Irrigation System* seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Manganti Smart Irrigation Concept

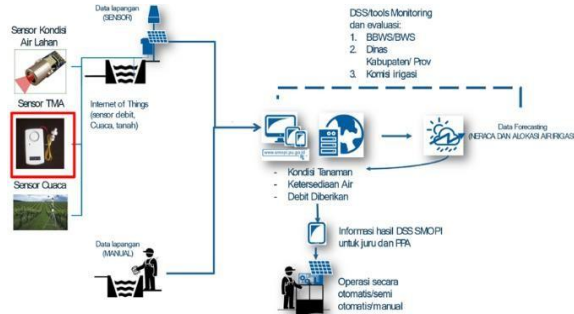
### Perangkat Digitalisasi

Perangkat digital yang dipasang sebagai pendukung operasi: (1) *Actuator*→penggerak elektrik pintu air untuk memudahkan pengaturan bukaan pintu secara otomatis maupun manual; (2) AWLR (*Automatic Water Level Recorder*)→alat pencatat tinggi muka air secara otomatis dan berkesinambungan; (3) CCTV→berfungsi untuk memantau kondisi perangkat, lingkungan sekitar pintu, keberadaan sampah, serta elevasi muka air di hulu; (4) Jaringan *Fiber Optic*→sebagai media transmisi data dari pintu air menuju *control room*; (5) Instalasi listrik→sebagai penunjang utama untuk pengoperasian seluruh perangkat digital yang terpasang; (6) Pintu tonjol→ berfungsi agar pintu air dapat digunakan untuk menghitung debit aliran di hilir pintu, sehingga semua debit yang masuk dari hulu sampai hilir terukur.

### Sistem dan Platform Pengolahan Data

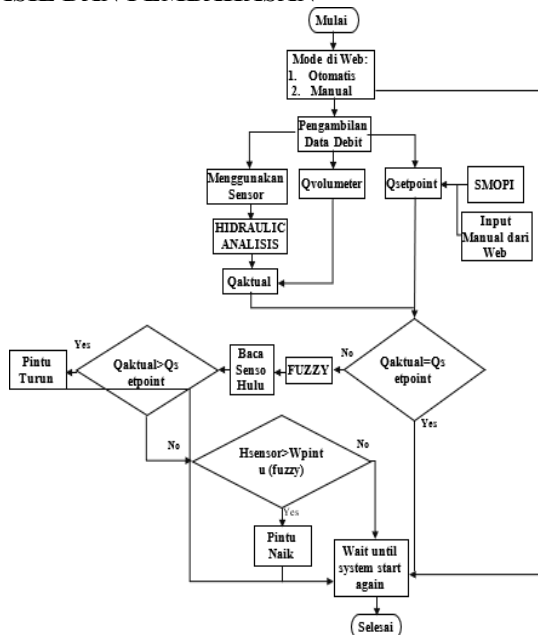
SMOPI (Sistem Manajemen Operasi dan Pemeliharaan Irigasi) adalah aplikasi untuk pelaporan dan pengelolaan data irigasi, seperti musim tanam, rencana irigasi, pengelolaan gerbang dan pelaporan kegiatan pemeliharaan. Sistem Operasi dan Monitoring, aplikasi ini memiliki fungsi untuk mengelola data yang dikirim dari sensor, mengontrol operasi gerbang dan memantau distribusi air di jaringan irigasi secara *real-time*. Sistem Pendukung Keputusan, *Decision Support System* (DSS) adalah alat berbasis teknologi yang membantu manajer irigasi dalam membuat keputusan berdasarkan informasi tentang praktik irigasi, menggabungkan data berbagai sumber untuk memberikan rekomendasi tentang operasi irigasi. Bisa dilihat proses pengembangan platform SMOPI telemetri, semua data lapangan masuk ke sistem *Internet of Things* (IoT), kemudian pengolahan data dengan SMOPI

Telemetri, data yang terkumpul dianalisis, DSS menghasilkan *forecasting* data (prakiraan kebutuhan dan alokasi air irigasi), setelah itu informasi DSS SMOPI diberikan kepada juru pengairan, terakhir implementasi di lapangan bisa dilakukan secara otomatis, semi otomatis atau manual. Proses sistem dan *platform* pengolahan data seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengembangan *platform* Telemetri

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Skema alur otomatisasi menyeluruh terhadap *Artificial Intelligence (AI)* dengan *FUZZY*

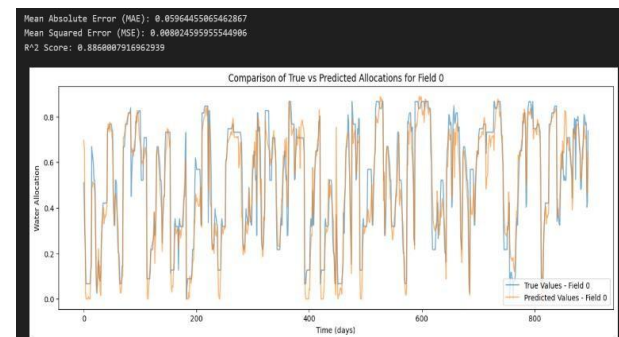
Alur logika operasi pintu air (Gambar 4) ini merupakan sistem kendali tertutup (*closed-loop control system*) cerdas yang menentukan tindakan korektif secara presisi, dimulai dengan pemilihan mode otomatis atau manual di *web interface*, yang kemudian menetapkan  $Q_{setpoint}$  (debit target). Sistem kemudian melakukan pengambilan data debit menggunakan sensor, dianalisis melalui *HIDRAULIC ANALISIS* untuk menghasilkan  $Q_{aktual}$  (debit terukur), dan data ini diolah lebih lanjut oleh SMOPI. Apabila  $Q_{aktual}$  tidak sama dengan  $Q_{setpoint}$ , Logika Fuzzy digunakan untuk menentukan

seberapa besar pintu harus naik (jika debit kurang) atau turun (jika debit berlebih) guna menyesuaikan aliran dan mencapai efisiensi yang optimal.

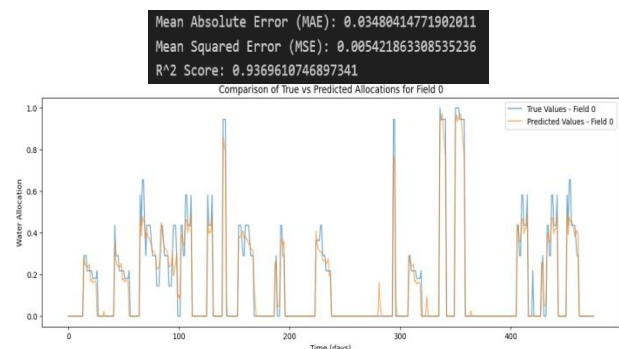
Qvolumetrik belum digunakan sehingga menggunakan  $Q_{perhitungan}$  dari pembacaan sensor tinggi muka air sebagai  $Q_{actual}$ . Mode yang digunakan terbagi menjadi dua, yaitu: Mode Otomatis sebagai mode yang akan menghitung dan mengoperasikan pintu air secara otomatis. Mode Manual sebagai mode yang akan mengoperasikan pintu air berdasarkan inputan bukaan pintu oleh *user via web*.

- Jika  $Q_{aktual} > Q_{setpoint}$ , TMA Hulu  $> W_{pintu}$ , maka pintu turun.
- Jika  $Q_{aktual} > Q_{setpoint}$ , TMA Hulu  $< W_{pintu}$ , maka pintu turun.
- Jika  $Q_{aktual} < Q_{setpoint}$ , TMA Hulu  $> W_{pintu}$ , maka pintu turun.
- Jika  $Q_{aktual} < Q_{setpoint}$ , TMA Hulu  $< W_{pintu}$ , maka pintu diam.

Berikut hasil proses analisis data disajikan dalam Gambar 5, menunjukkan bahwa telah dilakukan analisis pada beberapa sampel perbandingan, didapatkan bahwa hasil prediksi alokasi air telah mendekati hasil aktual alokasi yang diberikan berdasarkan data.



Gambar 5. Hasil perbandingan prediksi AI dan aktual pada jaringan primer



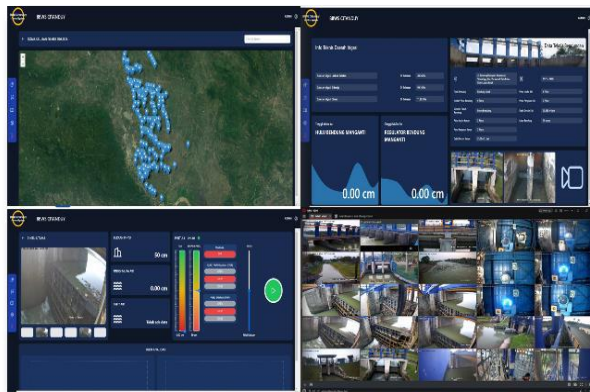
Gambar 6. Hasil perbandingan prediksi AI dan aktual pada jaringan tersier

Pada Gambar 6, untuk petak tersier menggunakan metode yang sama dengan model primer namun dengan



menggunakan data kebutuhan dan alokasi pada tiap petak tersier.

Evaluasi kinerja model *Artificial Intelligence* (AI) dalam memprediksi alokasi air dilakukan menggunakan parameter statistik *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE) dan koefisien determinasi ( $R^2$ ). Berdasarkan hasil pengujian pada Jaringan Tersier (Gambar 6), diperoleh nilai MAE sebesar 0,034. Angka ini mengindikasikan bahwa rata-rata penyimpangan antara debit prediksi AI dengan kebutuhan riil di lapangan sangat kecil, yaitu hanya berkisar 0,034 satuan debit. Selain itu, nilai  $R^2$  (*Score*) mencapai 0,936 atau mendekati 94%. Hal ini menunjukkan bahwa model AI yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam membaca pola fluktuasi kebutuhan air. Dengan kata lain, sistem mampu merespon dinamika kondisi lapangan dengan presisi, meminimalisir risiko kelebihan atau kekurangan pemberian air yang selama ini menjadi masalah utama pada operasi manual.



**Gambar 7.** Dashboard Manganti Smart Irrigation System

*Dashboard* terpusat dari BBWS Citanduy Control System, yang merupakan pusat monitoring utama untuk Manganti Smart Irrigation System seperti yang disajikan pada Gambar 7. Antarmuka ini dirancang untuk memfasilitasi operasi dan pemantauan secara *real-time*. *Dashboard* menampilkan data teknis irigasi, status elevasi muka air di Bendung Manganti dan menyediakan *live feed* dari CCTV yang terpasang di masing-masing pintu air. Selain itu, sistem ini juga menyajikan peta geografis yang menunjukkan lokasi penempatan perangkat digital di seluruh jaringan irigasi, serta *preview* visual kondisi saluran primer seperti Cihaur, Sidareja dan Lakbok Selatan. Fungsi utama dari *dashboard* ini adalah untuk mengelola data yang dikirim dari sensor, mengontrol operasi gerbang dan memantau distribusi air, sehingga petugas dapat melakukan instruksi buka tutup pintu secara *real-time* dan transparan. Perangkat digitalisasi irigasi Manganti berbasis *Artificial Intelligence* (AI) yang sudah terpasang disajikan pada Gambar 8.



Automatic water level sensor (613 unit)



CCTV kamera (1.625 unit)



Actuator (779 unit)



Pintu tonjol (779 unit)



Operation system hydromechanical internet based (OPSHI) (665 unit)



Jaringan fiber optic (313 km)



Rumah pintu air (738 unit)



Panel listrik (449 unit)

**Gambar 8.** Perangkat digitalisasi Irigasi Manganti

Adanya *Smart Irrigation System* berupa digitalisasi Daerah Irigasi Manganti ini sangat berpengaruh besar terhadap perkembangan baik pembagian pola air dan juga pola pengelolaan petani. Digitalisasi Daerah Irigasi Manganti membantu petani mendapat air dengan lebih tepat, mudah dan adil, sehingga hasil panen meningkat dan pengelolaan lahan menjadi lebih berkelanjutan.

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan, didapatkan hasil dari penerapan *smart irrigation* melalui inovasi digitalisasi irigasi Manganti berbasis AI di antaranya pada metodologi studi Gambar 1 konsep dari Manganti *smart irrigation* bahwa implementasi yang diharapkan dapat mewujudkan sistem operasi pintu air yang berbasis *real time*, *real allocation*, and *real losses*, sehingga distribusi air dapat dipantau dan dikendalikan secara lebih transparan, tepat waktu dan akurat. Sistem digitalisasi DI Manganti juga telah mengintegrasikan *Artificial Intelligence* (AI) dengan dua fungsi utama, yaitu (1) *Forecasting* debit di hulu bendung, memprediksi ketersediaan air hingga 6 bulan ke depan dengan tingkat akurasi yang lebih baik. Hasil *forecasting* ini digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam Rapat Komisi Irigasi untuk penyusunan pola tanam (MT); dan Optimasi

distribusi air, AI menghitung debit aktual dan debit proyeksi untuk kemudian memberikan rekomendasi pembagian air yang paling optimal, sehingga pasokan air dapat lebih efisien dan berkeadilan bagi seluruh jaringan dan pengguna air. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan

sejauh mana efisiensi pengelolaan sumber daya air setelah adanya penerapan digitalisasi irigasi berbasis AI di Daerah Irigasi Manganti dalam mendukung swasembada pangan.

**Tabel 1.** Kondisi sebelum dan sesudah digitalisasi pada DI Manganti

| No. | Aspek                                                 | Semula                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Menjadi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Buka tutup pintu (operasi pintu air)                  | Pengoperasian pintu air manual dengan tenaga manusia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Pengoperasian pintu air dapat dilaksanakan secara jarak jauh melalui digital.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2   | Efisiensi                                             | <p>Terjadi pengoperasian pintu oleh petani secara ilegal.</p> <p>Terdapat 3.550 ha sawah yang tidak terlayani kebutuhan airnya pada musim tanam II.</p> <p>Pemberian air di beberapa petak sawah berlebih.</p> <p>Pelaksanaan jadwal tanam tidak sesuai dengan Rencana Tata Tanam yang telah disepakati.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat 75 PPA dan 39 Pekarya saluran (SP. Sidareja).</li> <li>• Terdapat 76 PPA dan 55 Pekarya saluran (SP. Cihaur).</li> <li>• Kebutuhan pembayaran gaji PPA selama 1 (satu) tahun dibutuhkan Rp6.810.000.000,-.</li> </ul> | <p>Pengoperasian pintu hanya dapat dilakukan oleh petugas dari <i>control room</i>.</p> <p>Sawah yang tidak terlayani kebutuhan airnya berkurang luasannya menjadi 250 ha pada MT II (Peningkatan luasan seluas 3.300 ha).</p> <p>Pemberian air di petak sawah sesuai dengan kebutuhan, dikarenakan dapat dimonitor dan dikontrol secara <i>real-time</i> di <i>dashboard</i>.</p> <p>Pelaksanaan jadwal tanam sesuai dengan RTT dan hasil rapat komisi irigasi yang telah disepakati</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah PPA dan Pekarya berkurang menjadi 30 PPA dan 27 Pekarya saluran (Saluran Sidareja).</li> <li>• Jumlah PPA dan Pekarya berkurang menjadi 42 PPA dan 34 Pekarya saluran (Saluran Cihaur).</li> <li>• Total gaji PPA dan Pekarya saluran dalam setahun berkurang menjadi sebesar Rp3.990.000.000 (penghematan sebesar Rp2.820.000.000/tahun atau 41,4%).</li> </ul> |
| 3   | Monitoring                                            | <p>Pengisian blanko masih secara manual (14 hari).</p> <p>Pengoperasian pintu oleh PPA dilakukan hanya pada jam kerja.</p> <p>Kehilangan air tidak termonitor secara <i>real time</i>.</p> <p>Pengoperasian pintu air secara ilegal tidak termonitor.</p> <p>Monitoring ketersediaan air dilakukan secara manual dengan meninjau secara langsung ke lapangan (1 hari/titik).</p>                                                                                                                                                                                                     | <p>Pengisian blanko dilaksanakan secara digital dengan aplikasi SMOPI (7 hari).</p> <p>Pengoperasian pintu dapat dilakukan selama 24 jam.</p> <p>Monitoring kondisi saluran dan debit air dapat dilakukan secara <i>real time</i>.</p> <p>Pengoperasian pintu air hanya dapat dilakukan oleh petugas dari <i>control room</i>.</p> <p>Ketersediaan air dapat diketahui melalui perangkat yang terpasang di setiap pintu air dan termonitor pada <i>dashboard</i> secara <i>real time</i>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4   | Memastikan pembagian air                              | <p>UPI DI Manganti melaksanakan kawal air ketika musim tanam untuk memastikan air sampai pada saluran irigasi sesuai golongannya (7 hari dari hulu ke hilir).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>UPI DI Manganti dapat memonitoring kondisi pembagian air pada skema irigasi yang tersedia pada <i>real</i> dengan kondisi warna hijau air terpenuhi, warna kuning air berlebih dan warna merah air kurang/belum terpenuhi (<i>real time</i>).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|     | Pengambilan keputusan terkait pemenuhan kebutuhan air | <p>Penentuan pemenuhan kebutuhan air dilakukan secara manual dengan perhitungan sederhana.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Penentuan pemenuhan kebutuhan air menggunakan DSS yang menjadikan hasil lebih akurat dengan waktu yang lebih singkat.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|     | Monitoring saluran irigasi dan terkait sampah/rumput  | <p>Monitoring kondisi saluran dan pintu irigasi harus dilakukan dengan meninjau secara langsung ke lokasi</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Monitoring kondisi saluran dan pintu irigasi dapat ditinjau secara <i>real-time</i> dari <i>control room</i> melalui CCTV dan langsung ditindaklanjuti oleh PPA.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

pintu dan untuk memastikan adanya sampah/rumput tinggi.

|                           |                               |                               |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Peningkatan produksi padi | Produksi padi 225.095 ton/MT. | Produksi padi 233.654 ton/MT. |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|

**Tabel 2.** Survei hasil Intensitas Pertanian (IP) tahun 2023

| No     | Wilayah Saluran | Luas Area (ha) | Tanaman Padi-Palawija Tahun 2023 |        |        |        |                       |       | Total IP 2023 |
|--------|-----------------|----------------|----------------------------------|--------|--------|--------|-----------------------|-------|---------------|
|        |                 |                | Tahun 2023 (Padi)                |        |        |        | Tahun 2023 (Palawija) |       |               |
|        |                 |                | MT1                              | IP%    | MT2    | IP%    | MT3                   | IP%   |               |
| 1      | Cihaur Hulu     | 5.505          | 4.789                            | 87,00  | 4.844  | 88,00  | 440                   | 8,00  | 173,223       |
| 2      | Cihaur Hilir    | 9.614          | 8.460                            | 88,00  | 8.268  | 86,00  | 961                   | 10,00 |               |
| 3      | Sidareja        | 6.418          | 5.327                            | 83,00  | 5.006  | 78,00  | 0                     | 0,00  |               |
| 4      | Lakbok Selatan  | 4.616          | 3.665                            | 79,395 | 3.772  | 81,713 | 175                   | 3,791 |               |
| Jumlah |                 | 26.153         | 22.242                           | 84,349 | 21.890 | 83,428 | 1.577                 | 5,447 |               |

**Tabel 3.** Survei hasil Intensitas Pertanian (IP) tahun 2024

| No     | Wilayah Saluran | Luas Area (ha) | Tanaman Padi-Palawija Tahun 2024 |        |        |        |                       |        | Total IP 2024 |
|--------|-----------------|----------------|----------------------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|---------------|
|        |                 |                | Tahun 2024 (Padi)                |        |        |        | Tahun 2024 (Palawija) |        |               |
|        |                 |                | MT1                              | IP%    | MT2    | IP%    | MT3                   | IP%    |               |
| 1      | Cihaur Hulu     | 5.505          | 5.388                            | 97,875 | 5.500  | 99,909 | 1.101                 | 20,00  | 219,172       |
| 2      | Cihaur Hilir    | 9.614          | 9.533                            | 99,157 | 9.607  | 99,927 | 3.846                 | 40,00  |               |
| 3      | Sidareja        | 6.418          | 6.281                            | 97,865 | 6.354  | 99,003 | 1.284                 | 20,00  |               |
| 4      | Lakbok Selatan  | 4.616          | 4.462                            | 96,660 | 4.576  | 99,130 | 1.385                 | 30,00  |               |
| Jumlah |                 | 26.153         | 25.664                           | 97,889 | 26.037 | 99,492 | 1.903                 | 21,791 |               |

Dari Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat peningkatan IP memengaruhi peningkatan luas panen tahunan dan berdampak pada peningkatan produksi total pertanian. Dengan IP tinggi, lahan yang sama menghasilkan lebih banyak produksi dalam setahun. Namun, jika tidak dikelola dengan baik (misalnya degradasi tanah, kekurangan air, serangan hama), maka peningkatan IP tidak selalu linier dengan produktivitas.

#### Analisis Ekonomi & Manfaat

Penerapan Manganti *Smart Irrigation System* tidak hanya memberikan dampak teknis, tetapi juga efisiensi ekonomi yang signifikan. Berdasarkan data operasional (Tabel 1), digitalisasi sistem mampu mereduksi kebutuhan tenaga kerja (PPA dan Pekarya) yang berdampak pada penghematan anggaran gaji sebesar Rp2,82 miliar per tahun (penurunan biaya operasional sebesar 41,4%).

Lebih jauh lagi, dampak ekonomi terbesar terlihat dari peningkatan produktivitas pertanian. Optimalisasi pembagian air telah meningkatkan produksi padi dari 225.095 ton menjadi 233.654 ton per musim tanam. Terdapat surplus produksi sebesar 8.559 ton. Jika diasumsikan harga Gabah Kering Panen (GKP) rata-rata Rp6.000/kg, maka potensi nilai tambah ekonomi dari peningkatan produksi ini mencapai estimasi Rp51,3 miliar per musim. Akumulasi dari penghematan biaya operasional dan peningkatan hasil panen ini

membuktikan bahwa investasi teknologi pada DI Manganti memiliki nilai kelayakan ekonomi yang tinggi dan secara langsung mendukung ketahanan pangan nasional.

#### Aspek Sosial (Hubungan dengan Petani/P3A)

Perubahan sistem dari manual ke digital yang memusatkan kendali di *Control Room* juga disertai dengan transparansi informasi kepada kelompok tani (P3A). Meskipun petani tidak lagi memiliki akses fisik untuk membuka-tutup pintu air secara sembarangan (yang sebelumnya memicu sasadap liar), mereka kini mendapatkan kepastian jaminan air. Melalui *dashboard* publik dan koordinasi P3A, petani dapat memantau status ketersediaan air secara *real-time*, sehingga meminimalisir konflik antar-petani di masa tanam kritis.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penerapan digitalisasi Daerah Irigasi (DI) Manganti melalui sistem *smart irrigation* berbasis *Artificial Intelligence* (AI), telah diperoleh dampak nyata terhadap peningkatan efisiensi pendayagunaan sumber daya air serta produktivitas pertanian. Salah satu perubahan utama adalah transformasi metode pengoperasian pintu air yang sebelumnya dilakukan secara manual dengan tenaga manusia menjadi pengoperasian secara digital dan dapat dikendalikan dari jarak jauh. Selain itu, penerapan sistem

ini mampu mencegah pengoperasian pintu air secara ilegal oleh petani karena akses pengoperasian hanya diberikan kepada petugas Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citanduy melalui Unit Pengelola Irigasi (UPI) Manganti. Sistem *smart irrigation* juga meningkatkan cakupan layanan irigasi pada musim tanam II, yang ditunjukkan dengan berkurangnya luas lahan sawah yang tidak terpenuhi kebutuhan airnya dari 3.550 ha menjadi hanya 250 ha. Dengan demikian, terjadi peningkatan luas lahan sawah yang memperoleh layanan air irigasi sebesar 3.300 ha. Pemberian air pada petak-petak sawah dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan karena kondisi dan distribusi air dapat dimonitor serta dikendalikan secara *real-time*. Selain itu, sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi saluran irigasi secara *real-time*, sehingga mendukung pengelolaan dan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Penerapan digitalisasi tersebut juga memberikan dampak positif terhadap produktivitas pertanian, yang ditunjukkan oleh peningkatan produksi padi dari semula sebesar 225.095 ton per musim tanam menjadi 233.654 ton per musim tanam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darshna, S., Sangavi, T., Mohan, S., Soundharya, A., & Desikan, S. (2015). Smart irrigation system. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 10(3), 32-36.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Standar perencanaan irigasi: Kriteria perencanaan bagian operasi dan pemeliharaan (KP-08)*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2024). *Surat edaran tentang petunjuk teknis penerapan modernisasi irigasi berbasis teknologi informasi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hidayat, Y. M. (2014). Analisis penggunaan air irigasi dengan teknik analytical hierarchy process di Wanir Kabupaten Bandung. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 10(1), 1-12.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Modul pengantar modernisasi irigasi Indonesia*. Pusat Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Air dan Permukiman.
- Muhazzab, M., Maldun, S., & Congge, U. (2019). Keefektifitasan Sistem Pengelolaan Sumber Daya Air Di Kabupaten Bone. *Jurnal Paradigma Administrasi Negara*, 2(1), 32-38.
- Obaideen, K., Yousef, B. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7, 100124.
- Ragab, M. A., Badreldeen, M. M. M., Sedhom, A., & Mamdouh, W. M. (2022). IOT based smart irrigation system. *International Journal of Industry and Sustainable Development*, 3(1), 76-86.
- Salasa, A. (2021). Paradigma dan dimensi strategi ketahanan pangan Indonesia. *Jejaring Administrasi Publik*, 13(1), 35-48.
- Sallata, M. K. (2015). Konservasi dan pengelolaan sumber daya air berdasarkan keberadaannya sebagai sumber daya alam. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12(1), 75-86.
- Sami, M., Khan, S. Q., Khurram, M., Farooq, M. U., Anjum, R., Aziz, S., ... & Sadak, F. (2022). A deep learning-based sensor modeling for smart irrigation system. *Agronomy*, 12(1), 212.
- Suprpto, M. (2012). Konsep Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 61-65.
- Syafiullah, Y. (2016). Kebijakan Pangan Di Indonesia: Antara Swasembada Pangan dan Kecukupan Pangan. *Bestari*, (38), 242675.
- Tace, Y., Elfilali, S., Tabaa, M., & Leghris, C. (2023). Implementation of smart irrigation using IoT and artificial intelligence. *Mathematical Modeling and Computing*, 10(2), 575-582.
- Tyagi, A., Gupta, N., Navani, J. P., Tiwari, M. R., & Gupta, M. A. (2017). Smart irrigation system. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(10), 9-12.