

Pede Tanam 1.0, Sistem Informasi Debit Air *Realtime* Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Pede Tanam 1.0, Water Discharge Information System Based on Internet of Things (IoT)

Bayu Dwi Apri Nugroho^{1*}, Benyamin Nahak², Hertiyana Nur Annisa¹

¹Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

²Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Propinsi Nusa Tenggara Timur, Kupang, Indonesia.

Email*): bayu.tep@ugm.ac.id

Received:
16 May 2023

Revised:
10 August 2023

Accepted:
10 September 2023

Published:
27 September 2023

DOI:
10.29303/jrpb.v11i2.527

ISSN 2301-8119
e-ISSN 2443-1354

Tersedia online di
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: In an effort towards the industrial revolution 4.0, in modern irrigation management, conventional methods must be accompanied by technology. Then also the delivery of water discharge data to the Provincial Irrigation Commission secretariat is slow and not up to date, the Global Planting Plan (RTG) and Detailed Planting Plan (RTTD) do not exist, an innovative Real-time Debit Logger (Pede Tanam 1.0) is needed. The way this tool works is through two sensors that are mounted on a cross section both in the primary irrigation canal and the data is processed by the microcontroller system to be sent via an internet connection quickly and accurately and the results are displayed in an application installed on a PC or mobile phone in the form of numerical data and graphics, as well area information can be streamed. Furthermore, information on the condition of the water debit can be printed automatically on the O-6 blank. The latest data transmission from sensors can be set every five minutes of updating. This new concept has been tested in the Manikin Irrigation Area, Kupang Regency, East Nusa Tenggara Province. The results of this study, that the water discharge meter in real time is running well, including updating data and also printing O-6 blanks directly from the Pede Tanam information system and from applications on smart phones. This will be very useful in the future, especially if implemented in areas that have islands, apart from efficiency problems, social conflicts can also be avoided.

Keywords: irrigation channels; Maintenance Operations (OP); modern irrigation management; real time; water discharge

Abstrak: Pengelolaan irigasi secara modern menuju revolusi industri 4.0 harus disertai dengan teknologi. Termasuk pengiriman data debit air ke sekretariat Komisi Irigasi Provinsi yang lambat dan tidak *up to date*, maka perlu suatu inovasi alat Pencatat Debit *Real-Time* (Pede Tanam 1.0). Cara kerja alat pengukur debit air realtime ini adalah dua sensor dipasang pada sebuah penampang baik di saluran irigasi dan datanya diolah dengan sistem mikrokontroler untuk dikirimkan melalui jaringan internet dengan cepat dan akurat serta hasilnya ditampilkan pada aplikasi yang diinstal pada PC atau handphone berupa data numerik dan grafik, serta informasi luas lahan yang bisa dialiri dengan debit saat ini. Kemudian informasi debit bisa dicetak langsung dalam blanko O-6 secara otomatis. Pengiriman *up date* data dari sensor dapat di atur per lima menit sekali. Konsep baru ini sudah di uji coba di Daerah Irigasi Manikin Kabupaten Kupang, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Hasil dari penelitian ini, bahwa pengembangan sistem informasi debit air dengan alat pengukur debit air *realtime* sudah berjalan dengan baik, termasuk *updating* data dan juga pencetakan blanko O-6 secara langsung dari sistem informasi Pede Tanam maupun dari aplikasi pada *smart phone*. Hal ini akan sangat berguna dimasa-masa mendatang untuk diterapkan di daerah dengan wilayah kepulauan, selain masalah efisiensi juga masalah konflik sosial dapat dihindari.

Kata kunci: debit air; Operasi Pemeliharaan (OP); pengelolaan irigasi modern; saluran irigasi; waktu nyata

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia memiliki kerusakan jaringan irigasi dari ringan hingga berat sekitar 52%, sehingga menyebabkan pengelolaan air irigasi yang tidak efisien dan layanan irigasi yang belum optimal dalam mendukung produksi pertanian agar meningkat. Oleh karena itu, dibutuhkan layanan irigasi yang bertujuan dalam pengelolaan irigasi menjadi berkelanjutan, dan agar pelaksanaannya dilakukan segera (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2015; *Modul Pengenalan Knowledge Management Center (KMC)*, 2019). Pengelolaan irigasi sesuai dengan definisi hukum yang ada sebagai tindakan eksploitasi dan pemeliharaan (Permen PUPR tentang OP) berkaitan dengan pelaksanaan eksploitasi yang terdiri dari perencanaan, pelaksanaan, serta monitoring dan evaluasi. Suatu sistem diperlukan dalam pengelolaan irigasi yang mampu mengakomodasi perubahan yang dapat disebabkan oleh anomali alam maupun perilaku manusia, oleh karena itu sistem irigasi harus saling berkaitan (Banna & Apri Nugroho, 2021; Nugroho, 2021). Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan antara lain; Operasi Jaringan Irigasi, Pemeliharaan Jaringan Irigasi, Perencanaan Anggaran Pengelolaan Irigasi, serta Monitoring dan Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi (Arif & Prabowo, 2014).

Kondisi cuaca yang sangat dinamis mengharuskan untuk dilakukannya penggunaan perkembangan teknologi pada kegiatan pemmodernisasian irigasi yang fokus dalam kegiatan pengembangan teknologi dan sistem informasi pada aktivitas OP. Perubahan teknologi yang dimiliki oleh suatu infrastruktur disesuaikan dengan tingkat teknologi dan sistem informasi yang digunakan (Arif et al., 2014). Kebutuhan data air irigasi diperlukan untuk mendapatkan gambaran kondisi air disuatu wilayah yang digunakan untuk masukan dalam melakukan pengelolaan alokasi air. Akan tetapi keterbatasan anggaran menjadi permasalahan operasional kegiatan menjadi terhambat, seperti terlambatnya penerimaan data kebutuhan air irigasi dari DPUP Kabupaten maupun Kota, dan mengakibatkan terganggunya kelancaran proses alokasi pembagian air serta menyebabkan informasi kebutuhan air irigasi menjadi kurang akurat. Untuk itu, diperlukan suatu teknologi monitoring debit air secara *realtime* yang dapat memberikan informasi setiap saat terkait ketersediaan air. Faktor – faktor seperti perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, curah hujan efektif, dan efisiensi irigasi, dapat mempengaruhi bergantungnya kebutuhan air di sawah untuk tanaman padi. Kebutuhan air di sawah pada umumnya dinyatakan dalam satuan mm/hari atau l/det/ha (Pusdiklat Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017). Pada sistem irigasi, penerapan *Internet of Things* atau IoT saat melakukan peningkatan produksi pertanian dengan kinerja yang efektif dan sistem yang aman serta memiliki dampak yang signifikan dalam memastikan penggunaan sumber daya air yang efisien (Naik et al., 2016; Nugroho & Arif, 2019; Nugroho, 2021).

Upaya untuk memperbaiki sistem pengelolaan irigasi salah satu caranya adalah membuat sensor pengukur debit air secara *realtime* beserta dengan sistem informasinya, salahsatunya dengan penggunaan teknologi ke dalam sistem pengelolaan irigasi. Hal ini didukung oleh semakin pesatnya perkembangan teknologi serta kurangnya sumber daya manusia yang tersedia di lembaga pengelola irigasi. Jangka waktu ke depan, pemanfaatan teknologi informasi akan digunakan untuk pengelolaan eksploitasi jaringan irigasi, dengan didukung oleh teknologi yang memadai. Selain itu, isu perubahan iklim dan pemanasan global memerlukan modernisasi irigasi dalam pengelolaan irigasi agar menjadi lebih efektif, serta dapat digunakan dalam pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan (OP), sebagai masukan (Angguniko & Hidayah, 2017). Untuk melaksanakan operasional secara fleksibel, pada rancangan Unit Pengelola Irigasi Modern (UPIM) disusun berdasarkan tahapan-tahapan, yang dimulai dari minimal hingga menengah, dan kemudian lanjutan, serta pengembangan kapasitas yang adaptif, absorbtif, dan transformatif (Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumberdaya Air, 2016).

Penggunaan teknologi dapat menjadi solusi dalam mendukung sistem monitoring yang ada di lahan. *Knowledge Management System* digunakan pada saat kegiatan teknis dan jaringan, saat melakukan akses informasi, bertukar pengetahuan, serta adanya sistem yang berhubungan dengan pengetahuan tentang teknis maupun jaringan (Sari & Tania, 2014). Pada penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Aliwarga, (2019); Nugroho et al., (2019), kondisi lapangan sebenarnya yang terpantau citra, akuisisi data numerik, serta grafis dapat diketahui dengan dilakukan pemasangan sensor seperti sensor cuaca dan tanah. Menurut Setiadi dan Muhaeman (2018), *Smart Irrigation* diharapkan dapat menjadi solusi agar monitoring dan kontroling pada sistem saluran irigasi praktis dan efektif. Sensor-sensor pada sistem tersebut terintegrasi dan dapat mengirimkan data untuk melakukan monitoring melalui jaringan internet pada lingkungan sistem irigasi meliputi suhu, cuaca, debit air yang mengalir, dan ketinggian air pada saluran sistem irigasi. Sistem ini juga dapat melakukan kontroling sistem buka tutup pintu bendungan secara otomatis disertai dengan adanya pemberitahuan baik melalui website ataupun SMS jika sewaktu - waktu air meluap. Sensor yang digunakan adalah *water flow sensor* yang berfungsi untuk mendeteksi debit aliran air yang akan dikonversi ke dalam satuan liter per menit. Untuk mengukur tinggi air digunakan sensor *water level*, ketika air berada pada permukaan sensor nilai masukan berupa analog akan dikonversikan ke dalam satuan centimeter (cm).

Selama ini pengukuran debit dilakukan dengan frekuensi satu kali sehari dan datanya diolah 2 mingguan. Hal ini diduga akan banyak menimbulkan kesalahan pengukuran debit karena pembacaan dilakukan secara manual dengan pembacaan skala pada *peill scall* yang memiliki skala pembacaan 1 cm. Selain itu, alat ukur pun umumnya dalam keadaan tidak memenuhi syarat ataupun rusak. Kesalahan pengukuran debit akan mempengaruhi kinerja jaringan irigasi secara langsung karena debit air merupakan parameter utama dalam operasi irigasi (Hakim, et al, 2012).

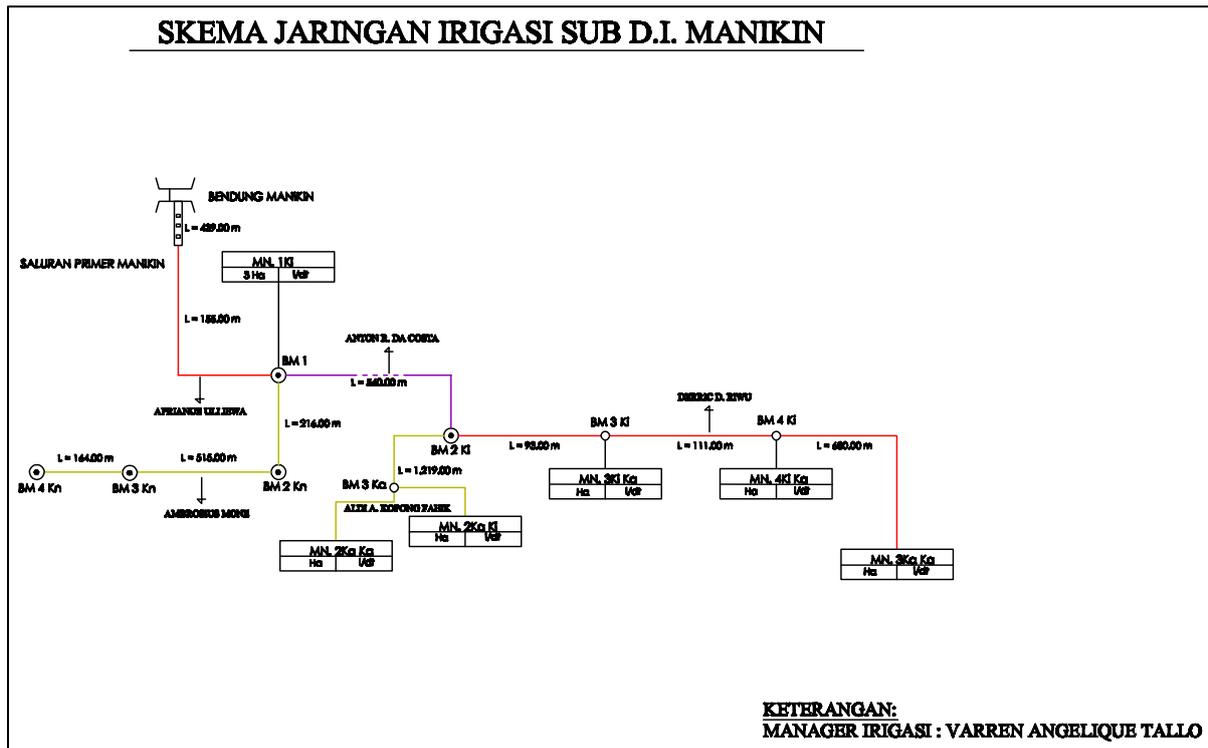
Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sensor pengukur debit air dan sistem informasi yang *realtime*, akurat, dan kontinyu. Hasilnya dapat memberikan pengukuran debit air saluran irigasi yang cepat dan tepat, terutama di wilayah kepulauan. Ini akan meningkatkan efisiensi biaya operasional dan tenaga. Sensor menggunakan teknologi ultrasonik, mikrokontroler, dan sumber energi solar cell dengan baterai. Pengukuran akan mencakup data level air, debit sesaat, volume harian, mingguan, dan bulanan. Hasil data ini berguna dalam menghitung *water productivity* (WP) (Prihantoko et al., 2013). Sensor yang dikembangkan akan terintegrasi dengan server Sistem Manajemen Operasi Irigasi (SMOI) di Balai Irigasi (Balai Irigasi, 2014).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Wilayah Manikin, Tilog, dan Oesao di Kabupaten Kupang adalah penghasil beras (4 t/ha - 6.5 t/ha) dengan 3.48% dari luas wilayah 542,397 hektar sebagai lahan sawah kering yang menggunakan air bendungan dan sumur bor untuk irigasi. Faktor penting adalah ketersediaan saluran irigasi dan manajemen kelompok petani. Ketiga wilayah ini menjadi Daerah Irigasi (DI), terutama Manikin yang terluas, dengan manajemen kelompok tani dan sistem irigasi permukaan primer-sekunder-tercier dari Bendungan Tilog. Skema jaringan irigasi D.I Manikin dapat dilihat pada Gambar 1 (Laumal et al., 2017). Skema jaringan irigasi D.I Manikin ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Jaringan Irigasi D.I. Manikin (Sumber: Anonim, 2015)

Metode

Sensor pengukur debit air ini dipasang di saluran irigasi yang sudah dikondisikan, artinya bahwa saluran irigasi tersebut dalam kondisi yang baik dan tidak rusak, termasuk bersih dari sedimentasi. Dalam menghitung debit air di saluran irigasi, hal yang perlu diperhatikan adalah kontinuitas akurasi dan kecepatan informasi data. Pada penelitian ini, penerapan kontinuitas, akurasi dan kecepatan informasi data menjadi perhatian. Untuk mendapatkan debit air di saluran irigasi digunakan persamaan berikut ini:

$$Q = A \cdot S \dots \dots \dots (1)$$

Dimana,

Q = Debit air (m³/detik)

A = luas penampang basah (m²)

S = kecepatan aliran air (m/detik)

Sedangkan luas penampang basah di lokasi penelitian diperoleh sebagai berikut:

$$A = \frac{b_1 + b_2}{2} \times h \dots \dots \dots (2)$$

Dimana,

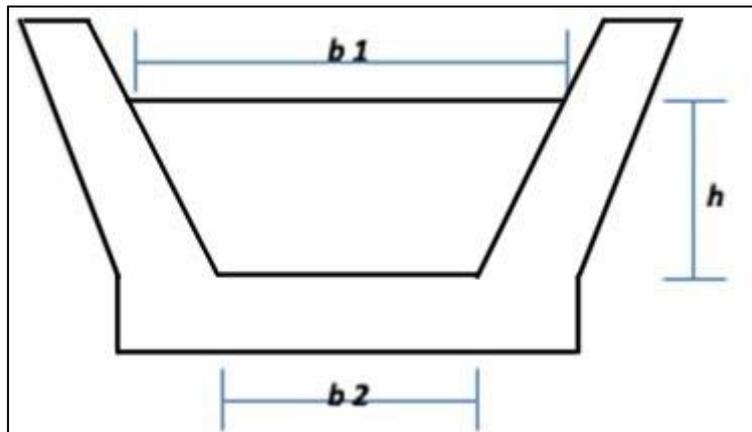
A = luas penampang basah (m²)

b₁ = lebar penampang atas (m)

b₂ = lebar penampang bawah (m)

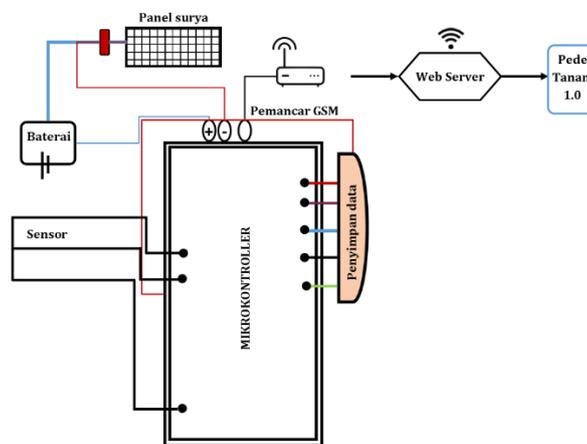
h = ketinggian (m)

dengan penampakan penampang sebagai berikut (Gambar 2):



Gambar 2. Penampang saluran primer di Daerah Irigasi Manikin

Sedangkan sistem kerja dan pengiriman data dari saluran, kemudian masuk ke webservice dan dikirim ke interface sistem informasi Pede Tanam, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem kerja dan pengiriman data secara *realtime*

Kemudian untuk pencetakan secara langsung dan otomatis di blanko O-6 dari sistem dilakukan dengan merata-rata data *realtime* 5 menit dijadikan data harian. Blanko O-6 merupakan formulir pencatatan manual Jumlah debit yang dialirkan melalui setiap bangunan bagi / sadap (Anonim, 2017)

$$Q1 = \sum_{n=1}^{\infty} (Q1_{5-1} + Q1_{5-2} \dots + Q1_{5-n}) \dots (3)$$

Dimana,

Q1 = debit hari ke- 1

Q1_{5-n} = debit hari ke 1 pada 5 menit n

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penerapan Sensor Pengukur Debit Air *Realtime*

Pemasangan alat pengukur debit air *realtime* ini dilakukan di Daerah Irigasi Manikin, Kabupaten Kupang, Propinsi Nusa Tenggara Timur pada bulan April 2018.



Gambar 4. Pemasangan alat pengukur debit air *realtime*

Alat pencatat debit (m^3) *realtime* bekerja berdasarkan rumus perhitungan debit air yang didapat dari perkalian luas penampang melintang saluran (m^2) dan kecepatan aliran air ($m/detik$). Untuk luas penampang melintang saluran didapat dari lebar saluran dikalikan dengan tinggi penampang basah dari saluran tersebut. Pemasangan alat pencatat debit hanya diperlukan data awal pada lokasi pemasangan yaitu dengan cara pengukuran secara manual luas penampang saluran irigasi yang akan dilalui air. Selanjutnya data dari pengukuran tersebut diinputkan pada IC mikrokontroler sebagai data awal.

Selanjutnya data tinggi permukaan air didapat dari sensor yang dipasang pada permukaan air yang diberi pelindung berupa pipa besi dengan maksud keakuratan tidak terpengaruh dengan riak atau gelombang air. Cara kerja dari sensor tersebut yaitu transducer ultrasonic mengirimkan gelombang yang kemudian dipantulkan oleh air, gelombang yang dipantulkan kemudian dibaca kembali oleh sensor, *delay* dari pengiriman ke pembacaan kemudian dihitung dan dikalikan kecepatan suara di udara dibagi dua yang kemudian didapatkan jarak antar transducer dengan air. Jarak tersebut kemudian disimpan dalam *data logger*, begitu pula dengan kecepatan air didapat dari putaran turbin yang pemasangannya berada di dalam air, pada posisi tengah luas penampang saluran sehingga turbin akan berputar apabila ada perbedaan tekanan air yang melewati pipa sensor tersebut, dari putaran turbin didapatkan tegangan yang besar atau kecilnya tegangan yang dihasilkan didapat dari banyaknya putaran dari turbin tersebut sehingga besaran tegangan atau sinyal yang didapat dikonversi untuk mendapatkan data kecepatan dan datanya juga disimpan dalam *data logger*.

Data dari kedua sensor tersebut kemudian diolah pada IC mikrokontroler yang telah diisi dengan data awal untuk dilakukan perhitungan. Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan pada IC mikrokontroler kemudian dikirim ke server melalui jaringan GSM dengan jarak waktu pengiriman yang dapat ditentukan sesuai dengan keinginan pengguna. Jaringan yang digunakan untuk mengirimkan data menggunakan jaringan 2G karena sangat kuat dan mudah terjangkau di pelosok daerah. Apabila pada satu daerah belum terjangkau sinyal 2G maka dapat ditambahkan penguat sinyal pada alat ini sehingga alat pencatat debit *realtime* dapat terkoneksi dengan server.

Untuk waktu atau durasi pengiriman dari alat pencatat debit *realtime* ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan karena untuk mendapatkan data yang lebih akurat sesuai dengan kebutuhan dan keperluan dari pengguna waktu pengambilan data sangat berpengaruh. Waktu pengiriman tersebut dikontrol melalui IC mikrokontroler, sedangkan untuk alat ini tetap terkoneksi dengan jaringan internet GSM maka dipasang kartu GSM yang sudah diaktifkan dan diberi kuota internet.

Data yang didapat dari kedua sensor tersebut selain dikirim ke server data tersebut juga disimpan didalam data logger atau penyimpanan data sementara dengan tujuan apabila terjadi masalah dalam pengiriman data akibat terputusnya koneksi dengan jaringan GSM terdekat maka data tersebut tetap ada dan akan dikirimkan jika alat pencatat debit *realtime* sudah terkoneksi dengan server.

Sumber catu daya atau tegangan pada alat pencatat debit *realtime* bersumber dari baterai yang *discharge* dengan menggunakan *solar photo voltaic* atau panel surya sehingga kondisi

baterai selalu ada dalam kondisi prima. Pengisian baterai dan pendistribusian tegangan catu ke rangkaian diatur menggunakan *solar charge controller* sehingga kebutuhan daya pada masing-masing rangkaian dapat terkontrol dengan baik.

2. Interface Sistem Informasi Pede

Dari series data per 5 menit yang masuk dan dikirimkan melalui server tersebut, dapat dilakukan perhitungan luas areal sawah yang bisa dialiri dengan kondisi debit saat itu. Penelitian yang sama dilakukan oleh Setiadi dkk (2018) yang mengembangkan sistem monitoring irigasi berbasis Internet of Things (IoT), dengan menggambarkan beberapa parameter monitoring secara umum. Data dan perhitungan tadi dapat dilihat melalui aplikasi yang diberi nama "Petani Pede Tanam 01" yang sudah diprogram dalam bentuk tabel dan grafik (Gambar 4). Analisis data dilakukan dengan model jaringan syaraf tiruan (JST) dari data realtime sensor (Bayu dan Sigit, 2019). Dengan demikian pencatatan debit dapat dilakukan kapanpun dan dimanapun karena data yang didapat adalah data *up-to-date* dan akurat selama aplikasi tersebut terhubung dengan jaringan internet. Dari data terlihat bahwa masih terlihat fluktuasi yang masih belum wajar. Hal ini dikarenakan masih dalam tahap ujicoba dan proses validasi. Hal penting dalam grafik tersebut adalah bahwa sistem informasi sudah bisa dikembangkan dan data sudah *ter-capture* dengan baik walaupun perlu penyempurnaan dan validasi.

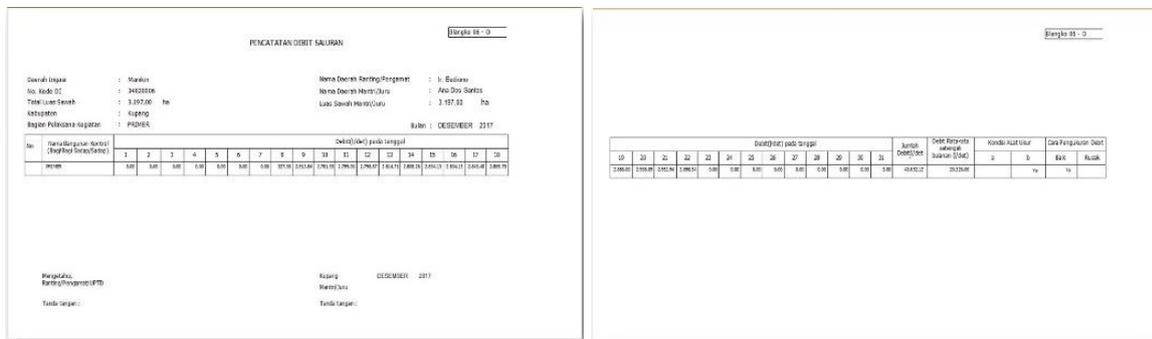


Gambar 5. Interface data debit air realtime

Keunggulan lain dari aplikasi ini adalah kemampuan cetak langsung blanko O-6 yang biasanya diisi oleh petugas. Data yang diperoleh per lima menit update tersebut akan diolah dan dirata-rata (persamaan 3) menjadi data harian, mingguan, 10-harian dan bulanan, yang kemudian akan ditampilkan dalam form blanko O-6 secara otomatis (Gambar 5). Kemudian, blanko O-6 tersebut dapat dipercepat sesuai dengan kebutuhan dan dapat didokumentasikan (Gambar 6). Hal ini sangat berguna untuk merencanakan pola tanam dari petani sehingga memperoleh hasil yang maksimal, selain itu alat pencatat debit *realtime* ini juga bisa digunakan untuk mendeteksi dini banjir di sungai dengan menampilkan data tinggi muka air sungai. Keunggulan lain dari alat ini yaitu untuk kedepannya dapat ditambahkan kamera cctv untuk dapat memantau kondisi saluran, bendung maupun sungai secara langsung.



Gambar 6. Interface Blanko 0-6 dalam software



Gambar 7. Blanko 0-6 tercetak

Gambar 7 menjelaskan dalam balanko O-6 akan terisi secara otomatis akumulasi debit air per 5 menit yang diakumulasikan menjadi data harian (Persamaan 3.). Keuntungan lain dari penggunaan alat debit air secara *realtime* ini adalah masalah efisiensi finansial dan meredam konflik sosial di tingkat petani. Efisiensi finansial yang dimaksud adalah selama ini pencatatan debit di saluran irigasi masih bersifat subyektif yang dilakukan oleh petugas dan tidak terdokumentasi dengan baik, dan apabila Dinas PUPR membutuhkan data debit air, harus berkunjung ke lokasi. Flukstuasi debit air *realtime* ini Dinas cukup memantau dari kantor, dan tidak perlu ke lokasi untuk meminta data debit air. Selain itu, alat debit air *realtime* ini juga bisa untuk meredam konflik sosial yang terjadi di tingkat petani, yaitu dengan adanya perhitungan luas areal lahan sawah yang bisa dialiri dengan debit air per 5 menit dari saluran primer, maka apabila dari debit tersebut ternyata yang bisa dialiri kurang dari perhitungan berarti ada kebocoran atau *losses* dari saluran primer sampai tersier/lahan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini memperkenalkan konsep dari sistem "Pede Tanam 1.0", yang melibatkan penggunaan sensor untuk mengukur debit air di saluran irigasi. Sensor-sensor tersebut terhubung ke sistem mikrokontroler yang memproses data dan mengirimkannya melalui internet ke server pusat. Data yang terkumpul kemudian divisualisasikan dalam aplikasi yang mudah digunakan di PC atau ponsel, menampilkan data numerik, grafik, dan informasi area yang dapat diairi dengan debit air saat ini. Selain itu, sistem ini mampu mencetak data debit air secara otomatis pada formulir tertentu (formulir O-6).

Penelitian ini dilakukan di Daerah Irigasi Manikin, dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem pengukuran debit air secara real-time ini berfungsi dengan baik. Data diperbarui dan

ditampilkan dengan akurat, dan formulir O-6 dihasilkan secara otomatis. Penelitian ini menekankan pada pengembangan sistem informasi yang hasil akhirnya dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi pemberian air dan konflik sosial yang berkaitan dengan alokasi air. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya kemajuan teknologi, terutama dalam konteks modernisasi sistem irigasi. Ini menekankan signifikansi data debit air yang akurat untuk manajemen irigasi yang efektif dan alokasi sumber daya air.

Saran

Pengembangan sistem informasi pengukuran debit air ini harus selalu divalidasi dengan kondisi riil dilapangan, termasuk harus banyak diuji coba di banyak lokasi. Selain itu, perlu ditambahkan berbagai fitur lain untuk mendukung modernisasi irigasi yang komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan Kajian Persiapan Penerapan Modernisasi Irigasi Direktorat Sumberdaya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2015-2016.

PENDANAAN

Penelitian ini didanai oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Propinsi Nusa Tenggara Timur.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun.

DAFTAR REFERENSI

- Anonim. (2015). Gambaran Umum Waduk Manikin. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Propinsi Nusa Tenggara Timur.
- Anonim. (2017). Modul Pelaksanaan Operasi Jaringan Irigasi. Pelatihan Operasi dan Pemeliharaan Irigasi Tingkat Juru. Badan Pengembangan Sumberdaya Manusia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Angguniko, B. Y., & Hidayah, S. (2017). Rancangan Unit Pengelola Irigasi Modern di Indonesia. *Jurnal Irigasi*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.31028/ji.v12.i1.23-36>
- Arif, S.S., & Prabowo, A. (2014). Pokok-pokok Modernisasi Irigasi Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Banna, H. Al, & Apri Nugroho, B. D. (2021). Model Prediksi Level Air Di Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Dengan Jaringan Saraf Tiruan Berdasarkan Pengukuran Sensor Rain Gauge Dan Ultrasonik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 10(1), 104. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i1.104-112>
- Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumberdaya Air. (2016). Laporan Akhir Urgensi Unit Pengelola Irigasi Modern (UPIM). Jakarta, Indonesia: Balai Litbang Penerapan Teknologi Sumber Daya Air, Pusat Litbang Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Balai Irigasi. (2014). Pengembangan Teknologi untuk Efisiensi Irigasi. Executive Summary. Satuan kerja Balai Irigasi. Kementerian Pekerjaan Umum. Bandung.

- Bayu Dwi Apri Nugroho dan Sigit Supadmo Arif. 2019. Pembaharuan Konsep Prediksi Debit Andalan untuk Operasi Dan Pemeliharaan Irigasi Modern. *Jurnal Irigasi*, 14 (1), 25. <http://dx.doi.org/10.31028/ji.v14.i1.25-32>
- Direktorat Irigasi dan Rawa. (2015). *Manager Irigasi dan Knowledge Center*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Irigasi dan Rawa, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- David Setiadi, Muhamad Nuridin dan Abdul Muhaemin. (2018). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Jurnal Infotronik*, 3(2), 95.
- Hakim, A., Suriadi, A., & Masruri. (2012). Tingkat kesiapan masyarakat petani terhadap rencana modernisasi irigasi. Studi kasus di Daerah Irigasi Barugbug, Jawa Barat. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 4(2), 67–78.
- Laumal, F. E., Hattu, E. P., & Nope, K. B. N. (2017). Pengembangan Pintu Air Irigasi Pintar berbasis Arduino untuk Daerah Irigasi Manikin. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(3), 139. <https://doi.org/10.17529/jre.v13i3.8505>
- Modul Pengenalan Knowledge Management Center (KMC)*. (2019). Bimbingan Teknik Pengembangan Tata Guna Air dalam Rangka Pelatihan Teknis Instruktur PTGA. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Jakarta.
- Naik, P., Kumbi, A., Katti, K., & Telkar, N. (2016). Automatic Irrigation System Using IOT. *Bonfring International Journal of Software Engineering and Soft Computing*, 6(Special Issue), 78–81. <https://doi.org/10.9756/bijsesc.8247>
- Nugroho, B. D. A., & Aliwarga, H. K. (2019). RiTx; *Integrating among Field Monitoring System (FMS), Internet of Things (IOT) and agriculture for precision agriculture*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 335(1). DOI : <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/335/1/012022>
- Nugroho, B. D. A., Arif, C., Aini, N., Hasanah, I., Teknik, D., & Pertanian, F. T. (2019). *Pengenalan Metode Tanam SRI (System Rice of Intensification) dengan Teknologi untuk Peningkatan Produktifitas dan Ramah Lingkungan*. 4, 493–503.
- Nugroho, B. D. A., & Arif, S. S. (2019). Pembaharuan Konsep Prediksi Debit Andalan untuk Operasi Dan Pemeliharaan Irigasi Modern. *Jurnal Irigasi*, 14(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31028/ji.v14.i1.25-32>
- Nugroho, B. D. A. (2021). *Fenomena Iklim Global, Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia (2nd Edition)*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Nugroho, B. D. A. (2021). *Penerapan Klimatologi Dalam Pertanian 4.0*. Deepublish. Yogyakarta.
- Prihantoko, A., Muqorrobin, M., Subari, Choiri, N., & Pamungkas, T. (2013). *Laporan Akhir Pengembangan Teknologi untuk Efisiensi Pengelolaan Irigasi*.
- Pusdiklat Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan air. In *Modul Pelatihan Alokasi Air* (Vol. 5).

Sari, W.K, & Tania, K.D. (2014). Penerapan Knowledge Management System (KMS) berbasis web studi kasus bagian teknisi dan jaringan fakultas ilmu komputer universitas sriwijaya. *Jurnal Sistem Informasi*, 6(2), 681-688.

Setiadi, D. & Muhaeman, M. N. A. (2018). Penerapan Internet of Thing (IoT) pada Sistem Minitoring Irigasi (Smart Irigasi), *Jurnal Infotronik*, Vol. 3, No. 2 Desember 2018.