IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ANALISIS EFISIENSI PENGGUNAAN AIR PADA BUDIDAYA PADI SAWAH DENGAN IRIGASI PERMUKAAN DAN BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN TELEMETRI

SONNY SEFTIAN MAULIZAR

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

IPB University
Bogor Indonesia

@Hak cipta milik IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "Analisis Efisiensi Penggunaan Air Pada Budidaya Padi Sawah dengan Irigasi Permukaan dan Bawah Permukaan menggunakan Telemetri" adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2025

Sonny Seftian Maulizar
F4501222007

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

IPB University
Bogor Indonesia

RINGKASAN

SONNY SEFTIAN MAULIZAR. Analisis Efisiensi Penggunaan Air pada Budidaya Padi Sawah dengan Irigasi Permukaan dan Bawah Permukaan menggunakan Telemetri. Dibimbing oleh SATYANTO KRIDO SAPTOMO, CHUSNUL ARIF, dan AHMAD JUNAEDI.

Pengelolaan air yang efisien dalam budidaya padi penting untuk mendukung pertanian berkelanjutan di wilayah dengan keterbatasan sumber daya air. Penelitian ini membandingkan produktivitas air (*water productivity*/WP) dan jejak air (*water footprint*/WF) antara irigasi bawah permukaan (subsurface irrigation/SSI) berbasis pipa lembar dengan pemantauan *Internet of Things* (IoT) dan irigasi permukaan (*surface irrigation*/SI) konvensional pada lahan 300 m² dengan empat varietas padi, yaitu IPB 3S, IPB 9G, INPARI 30, dan INPARI 32. Berdasarkan volume irigasi, SSI menghasilkan WP 0,25 hingga 0,30 kg/m³ dengan rata-rata sekitar 0,27 kg/m³, hampir tiga kali lebih tinggi dibandingkan SI meskipun menggunakan sekitar 50 persen lebih sedikit air. Berdasarkan evapotranspirasi tanaman, WP pada SSI berkisar 0,91 hingga 1,09 kg/m³ dengan rata-rata sekitar 1,00 kg/m³ dan nilai tertinggi pada INPARI 32 dan IPB 9G. Nilai WF pada SSI berada pada rentang 1,39 sampai 1,65 m³/kg, lebih rendah dibandingkan SI yang berada pada kisaran 1,96 sampai 2,57 m³/kg, dengan penurunan sekitar 25 hingga 42 persen terutama akibat berkurangnya konsumsi *blue water*. Sistem IoT menyediakan data lingkungan dan hidrologi secara kontinu dan mendukung penerapan SSI sebagai strategi irigasi yang lebih berkelanjutan pada budidaya padi sawah.

Kata kunci: *Internet of Things*, irigasi bawah permukaan, padi sawah, produktivitas air, *water footprint*.

@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

SUMMARY

SONNY SEFTIAN MAULIZAR. Analysis of Water Use Efficiency in Lowland Rice Cultivation under Surface and Subsurface Irrigation using Telemetry. Supervised by SATYANTO KRIDO SAPTOMO, CHUSNUL ARIF, and AHMAD JUNAEDI.

Efficient water management in rice cultivation is essential for sustainable agriculture in regions with limited water resources. This study compares water productivity (WP) and water footprint (WF) between subsurface irrigation (SSI) using sheet-pipes with Internet of Things (IoT) monitoring and conventional surface irrigation (SI) on a 300 m² plot with four rice varieties (IPB 3S, IPB 9G, INPARI 30, INPARI 32). Based on irrigation volume, SSI produced WP values of 0.25–0.30 kg/m³, with an average of about 0.27 kg/m³, nearly three times higher than SI while using roughly 50% less irrigation water. Based on plant evapotranspiration, WP under SSI ranged from 0.91 to 1.09 kg/m³, with an average near 1.00 kg/m³, and the highest values for INPARI 32 and IPB 9G. WF under SSI ranged from 1.39 to 1.65 m³/kg, lower than SI at 1.96–2.57 m³/kg, indicating a reduction of about 25–42% mainly due to decreased blue water use. The IoT-based system provided continuous environmental and hydrological data and supported SSI as a more sustainable irrigation strategy for lowland rice cultivation.

Keyword: Internet of Things, paddy rice, subsurface irrigation, water footprint, water productivity.

IPB University
Bogor Indonesia

ANALISIS EFISIENSI PENGGUNAAN AIR PADA BUDIDAYA PADI SAWAH DENGAN IRIGASI PERMUKAAN DAN BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN TELEMETRI

SONNY SEFTIAN MAULIZAR

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

Perpustakaan IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis :

1. Dr Yudi Chadirin, S.TP., M.Agr.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Judul Tesis	:	Analisis Efisiensi Penggunaan Air pada Budidaya Padi Sawah dengan Irigasi Permukaan dan Bawah Permukaan Menggunakan Telemetri
Nama	:	Sonny Seftian Maulizar
NIM	:	F4501222007

Disetujui Oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.
NIP. 197304112005011002

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Chusnul Arif, S.TP., M.Si.
NIP. 198012062005011004

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Ahmad Junaedi, M.Si.
NIP. 196811011993021001

Diketahui Oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.
NIP. 197304112005011002

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP. 196105021986031002

Tanggal Ujian:
4 November 2025

Tanggal Lulus: 02 JAN 2026

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Mei 2023 sampai bulan September 2025 dengan judul "Analisis Efisiensi Penggunaan Air pada Budidaya Padi Sawah dengan Irigasi Permukaan dan Bawah Permukaan menggunakan Telemetri". Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si selaku ketua komisi pembimbing tesis yang telah memberikan ide, gagasan dan arahan dalam penelitian yang telah dilaksanakan serta memberi masukkan untuk menyempurnakan tesis ini.
2. Prof. Dr. Chusnul Arif, S.TP., M.Si. selaku anggota komisi pembimbing tesis yang telah memberikan arahan mengenai teknis perhitungan, penulisan serta saran administratif selama penelitian ini.
3. Dr. Ir. Ahmad Junaedi, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing tesis yang telah memberikan kesempatan untuk bisa melakukan penelitian di kebun percobaan IPB dan arahan mengenai penulisan serta saran di lokasi penelitian selama penelitian ini.
4. Keluarga tercinta, atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti dalam setiap langkah penulis.
5. Rekan-rekan seperjuangan di Program Pascasarjana Teknik Sipil dan Lingkungan, yang telah memberikan bantuan, dukungan moral, dan semangat selama penelitian berlangsung.

Akhirnya, penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan serta dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik sipil dan lingkungan.

Bogor, Desember 2025

Sonny Seftian Maulizar

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR ISI

RINGKASAN i
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN ix
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Luaran 4
1.6 Ruang Lingkup 4
II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Irigasi pada tanaman padi di Indonesia 5
2.2 Neraca Air 6
2.3 *Water Productivity* 7
2.4 *Water Footprint* 8
2.5 *Water Use Efficiency* 9
2.6 *Internet of Things* (IoT) 10
III METODOLOGI 11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 11
3.2 Studi Literatur 13
3.3 Alat dan Bahan 13
3.4 Tahapan Penelitian 14
3.5 Desain Perlakuan 16
3.6 Analisis Data 20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Rancang Bangun Sistem Pemantauan IoT 24
4.2 Kondisi Lingkungan 27
4.3 Ketinggian Muka Air 29
4.4 Volume Irigasi 30
4.5 Volume Drainase 32
4.6 Evapotranspirasi 33
4.7 Neraca Air 35
4.8 Produktivitas Air 36
4.9 *Water Footprint* 38
4.10 Efisiensi Penggunaan Air 39
V SIMPULAN DAN SARAN 40
5.1 Simpulan 40
5.2 Saran 41
DAFTAR PUSTAKA 42
LAMPIRAN 46
RIWAYAT HIDUP 57

© Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1 Tabel 1 Nilai *water footprint* penelitian sebelumnya 9
2 Tabel 2 Parameter dan sumber data yang digunakan pada penelitian 13
3 Tabel 3 Hasil Panen Sistem SSI 50
4 Tabel 4 Hasil Panen Sistem SI 50

DAFTAR GAMBAR

5 Gambar 1 Ilustrasi konsep neraca air pada lahan pertanian 7
6 Gambar 2 Lokasi Penelitian 11
7 Gambar 3 Desain *sheet-pipe* pada lahan 11
8 Gambar 4 Potongan melintang sawah dengan sistem SSI 12
9 Gambar 5 Bagan alir penelitian 16
10 Gambar 6 Ilustrasi desain pemantauan lahan 18
11 Gambar 7 Desain arsitektur sistem pemantauan 19
12 Gambar 8 Skema rangkaian elektrik *node* 1 dan 3 pada sistem IoT 19
13 Gambar 9 Skema rangkaian elektrik *node* 2 pada sistem IoT 19
14 Gambar 10 Skema rangkaian elektrik *Gateway* pada sistem IoT 20
15 Gambar 11. Skema pengiriman data dari *node* ke *gateway* 26
16 Gambar 12 Tampilan d*ashboard* dataonline.co.id 27
17 Gambar 13 Tabel pada *dashboard* dataonline.co.id 27
18 Gambar 14 Suhu dan kelembaban udara di lapangan 28
19 Gambar 15 Curah hujan dan akumulasi hujan di lapangan 29
20 Gambar 16 Ketinggian Muka Air di Lapangan SSI dan SI 30
21 Gambar 17 Irigasi dan irigasi kumulatif di lapangan SSI 31
22 Gambar 18 Irigasi dan irigasi kumulatif di lapangan SI 31
23 Gambar 19 Drainase dan drainase kumulatif di lapangan SSI 32
24 Gambar 20 Drainase dan drainase kumulatif di lapangan SI 32
25 Gambar 21 Evapotranspirasi potensial 34
26 Gambar 22 Evapotranspirasi tanaman sistem SSI 34
27 Gambar 23 Evapotranspirasi tanaman sistem SI 34
28 Gambar 24 Neraca Air sistem SSI 36
29 Gambar 25 Neraca Air sistem SI 36
30 Gambar 26 Produktivitas air berdasarkan irigasi sistem SSI dan SI 37
31 Gambar 27 Produktivitas air berdasarkan ETc sistem SSI dan SI 37
32 Gambar 28 *Water Footprint* pada Berbagai Varietas Padi di Sistem SSI dan SI 38

DAFTAR LAMPIRAN

33 Lampiran 1 Desain plot varietas dalam petak 46
34 Lampiran 2 Karakteristik Varietas Padi 47
35 Lampiran 3 Hasil Panen 50
36 Lampiran 4 Kondisi lapangan 51