

# OAJIS

Open Access  
Journal of  
Information  
Systems

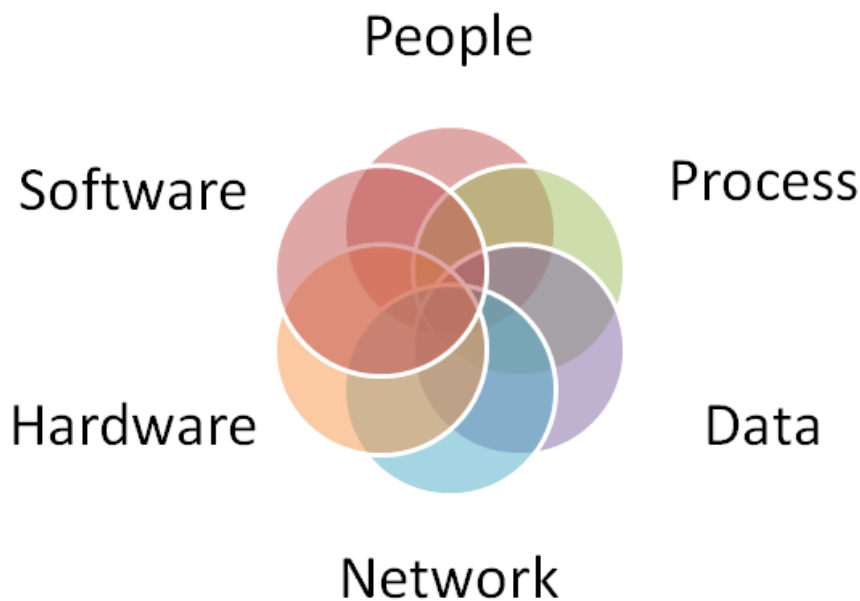
[is.its.ac.id/pubs/oajis/](http://is.its.ac.id/pubs/oajis/)

ISSN 1979-3979



# jurnal sisfo

**Inspirasi Profesional Sistem Informasi**





## **Pimpinan Redaksi**

Eko Wahyu Tyas Darmaningrat

## **Dewan Redaksi**

Amna Shifia Nisafani

Arif Wibisono

Faizal Mahananto

## **Tata Pelaksana Usaha**

Achmad Syaiful Susanto

Ricky Asrul Sani

Rini Ekowati

## **Sekretariat**

Jurusan Sistem Informasi – Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya

Telp. 031-5999944 Fax. 031-5964965

Email: [editor@jurnalsisfo.org](mailto:editor@jurnalsisfo.org)

Website: <http://jurnalsisfo.org>

Jurnal SISFO juga dipublikasikan di *Open Access Journal of Information Systems* (OAJIS)

Website: <http://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php>



## **Mitra Bestari**

**Aditya Rachmadi, S.ST, M.TI** (Universitas Brawijaya)

**Ahmad Mukhlason, S.Kom, M.Sc, Ph.D** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Amalia Utamima, S.Kom, MBA** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Anisah Herdiyanti, S.Kom, M.Sc, ITILF** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Ari Widyanti, S.T, M.T, Ph.D** (Institut Teknologi Bandung)

**Dany Primanita Kartikasari, S.T, M.Kom** (Universitas Brawijaya)

**Dewi Yanti Liliana, S.Kom, M.Kom** (Politeknik Negeri Jakarta)

**Erma Suryani, S.T, M.T, Ph.D** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Faizal Johan Atletiko, S.Kom, M.T** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Feby Artwodini Muqtadiroh, S.Kom, M.T** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Hatma Suryotrisongko, S.Kom, M.Eng** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Irmasari Hafidz, S.Kom, M.Sc** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Mahendrawathi ER., S.T, M.Sc, Ph.D** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Mudjahidin, S.T, M.T** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Nur Aini R., S.Kom, M.Sc.Eng, Ph.D** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Radityo Prasetyanto W., S.Kom, M.Kom** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Rahadian Bisma, S.Kom, M.Kom, ITILF** (Universitas Negeri Surabaya)



## Mitra Bestari

**Raras Tyasnurita, S.Kom, MBA** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Renny Pradina Kusumawardani, S.T, M.T** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Retno Aulia Vinarti, S.Kom, M.Kom** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Sholiq, S.T, M.Kom, M.SA** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

**Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom** (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)



## Daftar Isi

Pembuatan Perangkat Lunak Berbasis Lokasi untuk Berbagi Kendaraan

*Arif Wibisono, Amril Azhar*..... 265

Pemetaan Proses Bisnis dengan Pendekatan Klasifikasi Proses CIMOSA: Studi Kasus Perusahaan Pengelola Kawasan Industri

*Effi Latiffianti, Stefanus Eko Wiratno, Dewanti Anggrahini, Muhammad Saiful Hakim*..... 283

Sistem Penginderaan Berbasis UAV untuk Membantu Operasi Pencarian dan Penyelamatan Korban Kecelakaan di Wilayah Pegunungan

*Ketut Bayu Yogha, Rajalida Lipikorn*..... 293

Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Data Siswa Pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) PGRI 8 Medan dengan *Zachman Framework*

*Safrian Aswati, Ada Udi Firmansyah, William Ramdhan, Suhendra*..... 309

Desain dan Evaluasi Prototipe Jaringan Sensor Nirkabel untuk Monitoring Lahan Persawahan di Kabupaten Gowa

*Mohammad Fajar, Agus Halid, Syaiful Rahman* ..... 319

Evaluasi Kebergunaan (*Usability*) pada Aplikasi Daftar Online Rumah Sakit Umum Daerah Gambiran Kediri

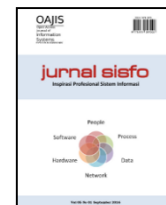
*Fithrotu Khoirina, Anisah Herdiyanti, Tony Dwi Susanto*..... 331

Sistem Pakar untuk Menentukan Penyakit Hernia dengan Menggunakan Metode *Dempster-Shafer*

*Tumingan, Yessy Yanitasari, Dedih*..... 347

Pengelompokan Peminatan Program Menggunakan *K-Means Clustering* Berdasarkan Asal Sekolah

*C. Purnama Yanti*..... 383



# Desain dan Evaluasi Prototipe Jaringan Sensor Nirkabel untuk Monitoring Lahan Persawahan di Kabupaten Gowa

Mohammad Fajar\*, Agus Halid, Syaiful Rahman

STMIK KHARISMA Makassar

## Abstract

Numerous studies related to Wireless Sensor Networks (WSNs) have been conducted to develop the wireless sensor network in agriculture. However, sensor networks in the previous studies focused only for certain agriculture products with limited sensors attached, distributed in the location with enough electric power infrastructure, and was still hard to implement by the developers or agriculture experts due the complexity of its design. This paper aims to develop a wireless sensor network for paddy field monitoring system. The proposed system uses Arduino and XBee, and employs three sensors to collect information about air temperature, humidity, and soil humidity, and can be used in remote areas without access to electric power infrastructure. The evaluation result shows that network performances of the proposed WSN is acceptable. In addition, the proposed sensor nodes can collect the three important parameters in the paddy field and send to a sink/base station for further processing. A battery voltage measurement also shows that energy consumption of the sensor node is still large enough. It is not possible for long term use.

**Keywords:** WSN, Paddy Field Monitoring, XBee, Arduino, Gowa

## Abstrak

Sejumlah studi mengenai Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) telah dilakukan sebagai upaya pengembangan jaringan sensor di bidang pertanian. Tetapi, jaringan sensor pada studi tersebut dikhususkan untuk produk pertanian tertentu dengan pemakaian sensor yang terbatas, dipasang di lokasi yang memiliki infrastruktur suplai energi memadai, serta kompleksitas desainnya masih menyulitkan pengembangan untuk mengimplementasikannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan jaringan sensor nirkabel sebagai sistem monitoring kondisi lahan persawahan. Prototip sistem dikembangkan berbasis platform opensource Arduino dan XBee dengan tiga perangkat sensor untuk mengumpulkan informasi mengenai temperatur, kelembaban udara dan kelembaban tanah serta dirancang agar dapat digunakan di lokasi yang tidak memiliki infrastruktur energi/listrik. Hasil evaluasi memperlihatkan performansi jaringan yang dapat diterima. Selain itu, node sensor yang dikembangkan mampu mengumpulkan kondisi lahan persawahan secara real dan mengirimnya ke sink/base station untuk pemrosesan lebih lanjut. Hasil pengukuran penurunan voltase baterai memperlihatkan konsumsi energi node sensor yang cukup besar, sehingga node belum dapat digunakan untuk masa operasi yang panjang.

**Kata kunci:** JSN, Monitoring Persawahan, XBee, Arduino, Gowa

© 2017 Jurnal SISFO.

**Histori Artikel :** Disubmit 25 Oktober 2016; Diterima 7 Mei 2017; Tersedia online 13 Mei 2017

\*Corresponding Author

Email address: fajar@kharisma.ac.id (Mohammad Fajar)

## 1. Pendahuluan

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memiliki peran sentral dalam manajemen pertanian *modern* atau *precision agriculture* (PA) [1] [2]. Salah satunya dalam proses pengumpulan data cuaca atau kondisi lingkungan dan tanaman. Untuk keperluan proses pengumpulan data kondisi lahan pertanian, teknologi jaringan sensor nirkabel menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk digunakan dengan pertimbangan kemudahan perawatannya, serta dipandang lebih ekonomis dibandingkan teknologi penginderaan lain seperti halnya satelit. Jaringan sensor nirkabel terdiri dari perangkat *node* sensor yang tersebar di lingkungan pertanian yang kondisinya akan dipantau. *Node* sensor selanjutnya melakukan penginderaan dan mengirim hasilnya ke pusat data untuk diolah menjadi informasi penting bagi para pemangku kepentingan di bidang pertanian. Informasi dari jaringan sensor ini pada akhirnya dijadikan sebagai dasar dalam penentuan aktifitas-aktifitas pertanian seperti penyiapan lahan, penanaman, pengairan, pemupukan hingga pemanenan. Sejumlah studi telah dilakukan dalam upaya pengembangan jaringan sensor di bidang pertanian ataupun sebagai sistem pemantau lingkungan. Diantaranya, jaringan sensor untuk presisi hortikultura [3] dan sistem monitoring diperkebunan anggur [4], pengembangan sistem monitoring dan perekaman lahan di bidang pertanian [5][6], desain dan pengujian prototipe jaringan sensor nirkabel untuk monitoring lingkungan[7]. Akan tetapi, jaringan sensor pada beberapa studi tersebut dikhususkan hanya untuk jenis produk pertanian tertentu, pemakaian sensor yang masih terbatas misalnya hanya untuk pengambilan parameter udara (temperatur), *node-node* sensor tersebar di lokasi-lokasi yang tidak memiliki kendala sumber energi atau dengan kata lain tersedia infrastruktur untuk suplai energi jaringan sensor yang memadai, serta kompleksitas desain jaringan sensor yang diusulkan masih menyulitkan pengembang dan ahli pertanian untuk mengimplementasikannya dikarenakan tidak tersedia informasi yang cukup tentang platform *node* sensor yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan jaringan sensor nirkabel sebagai sistem monitoring kondisi lahan persawahan. Sistem dikembangkan menggunakan *platform* yang mudah digunakan dan ekonomis, melibatkan tiga parameter penting pada lahan persawahan yaitu temperatur, kelembaban udara dan kelembaban tanah atau keberadaan air di tanah serta dapat digunakan di lokasi yang tidak memiliki infrastruktur energi yang memadai. Evaluasi rancangan dalam penelitian ini, dilakukan di Desa Maradekaya, Kabupaten Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan. Dengan pertimbangan, bahwa pada tahun 2015 Propinsi Sulawesi Selatan menjadi salah satu daerah penghasil padi nasional [8]. Selain itu, dalam penelitian [9] disebutkan bahwa tantangan yang dihadapi oleh pertanian di Kabupaten Gowa, yaitu: teknologi yang digunakan tidak sesuai dengan perkembangan dinamis tanah atau lahan, bersifat umum atau tidak spesifik lokasi, dan kurangnya penerapan teknologi serta tingginya alih fungsi lahan pertanian menjadi non-pertanian (misalnya: perumahan) dan perubahan cuaca yang tidak menentu (*global warming*) menjadi ancaman terhadap produksi pertanian di daerah ini.

## 2. Tinjauan Pustaka/Penelitian Sebelumnya

Jaringan sensor di bidang pertanian atau *precision agriculture* telah dikaji dalam sejumlah literatur. Studi dalam tulisan [2] menyajikan jaringan sensor nirkabel untuk manajemen perkebunan anggur. Pada penelitian ini, *node* sensor yang dikembangkan dilengkapi dengan sensor temperatur dan kelembaban guna memantau iklim musim semi yang dapat membahayakan tanaman anggur. Sementara, penelitian [3] menjelaskan pengenalan dan penyebaran jaringan sensor pada lahan hortikultura menggunakan empat tipe *node* yaitu *Soil Mote*, *Environmental Mote*, *Water Mote* dan *Gateway Mote*. Sejumlah sensor digunakan untuk mengukur beragam kondisi tanah. Selain itu, dalam referensi [4] melakukan kajian dengan mengembangkan sebuah *node* sensor untuk melakukan perekaman data lahan pertanian (*paddy field*), *node* sensor dilengkapi dengan sensor temperatur dan kamera guna mengambil gambar tanaman, yang kemudian dikirim ke pusat data untuk diolah dan disajikan ke *user*. Gambar 1 menampilkan *node* sensor yang dikembangkan pada studi ini. Demikian pula, tulisan [5] yang mengembangkan jaringan sensor nirkabel untuk memantau lahan pertanian. Parameter lahan pertanian yang dikumpulkan pada studi ini yaitu data temperatur dan gambar tanaman.



Gambar 1 Sebuah *Node Sensor (Mote)* untuk Memantau Lahan Persawahan [5]

Umumnya, sejumlah studi yang telah dilakukan berfokus pada jenis budidaya tertentu dari pertanian dengan pemakaian sensor yang masih terbatas untuk mengambil parameter lingkungan berupa temperatur ataupun kelembaban udara, *node* sensor juga ditempatkan pada lokasi yang memiliki infrastruktur listrik yang memadai. Selain itu, sistem yang dikembangkan pada studi sebelumnya masih menyisakan kompleksitas pengembangan sehingga masih sulit diimplementasi oleh pengembang ataupun para peneliti di bidang pertanian. Dalam penelitian ini, penulis menyajikan jaringan sensor nirkabel yang menggunakan *platform* yang mudah dikembangkan dan ekonomis, melakukan pengumpulan data untuk tiga parameter lahan persawahan, serta dirancang untuk dapat digunakan pada lingkungan yang jauh atau tidak memiliki infrastruktur energi (listrik).

### 3. Metodologi

#### 3.1 Spesifikasi Sistem

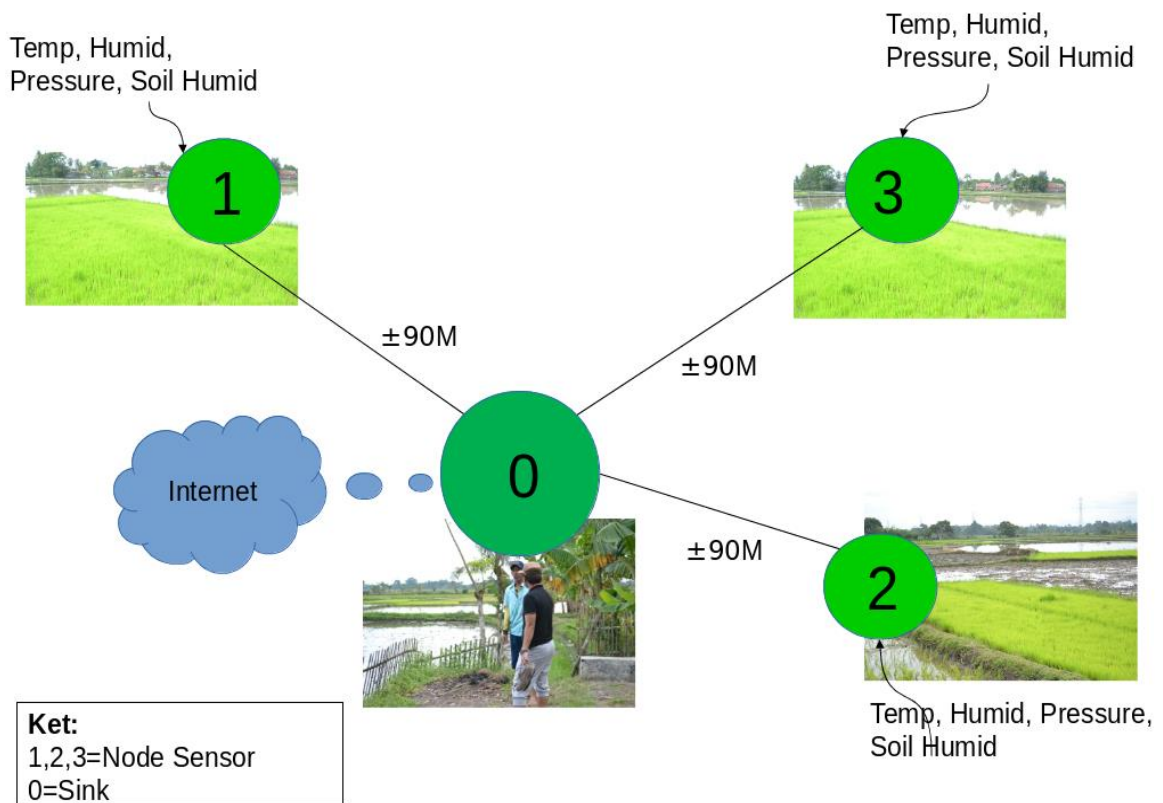
Sebagai panduan dalam merancang jaringan sensor usulan yang disesuaikan dengan kondisi lahan persawahan di Kabupaten Gowa, maka jaringan sensor nirkabel yang dikembangkan perlu mempertimbangkan sejumlah hal, yaitu:

- 1) Jaringan sensor dapat digunakan secara universal di lahan persawahan (lahan padi) di Kabupaten Gowa
- 2) Dapat beroperasi di lokasi yang tidak memiliki infrastruktur energi (listrik) yang memadai
- 3) Frekwensi komunikasi bekerja di antara 800Mz hingga 2.4GHz.
- 4) Jarak komunikasi antara node sekitar 50-100m.
- 5) Kecepatan laju data minimal 250kbps.
- 6) *Platform node* sensor mendukung beragam antarmuka sensor untuk mengambil parameter lahan persawahan
- 7) *Platform node* sensor mudah dikembangkan dan diimplementasikan, serta berbiaya rendah



### 3.2 Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel

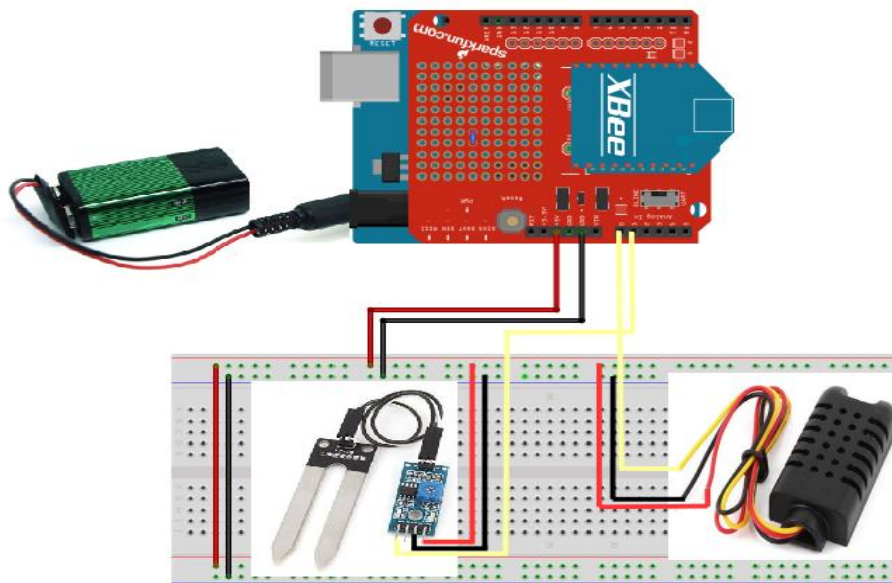
Jaringan sensor nirkabel yang dikembangkan terdiri dari tiga *node* sensor dan satu *node sink/gateway*. Ketiga *node* sensor tersebut terhubung secara langsung ke *node* sink, tanpa melalui *node router* (perantara), antara *satu node* sensor dengan *node* sensor lainnya tidak terhubung sehingga membentuk topologi *star* (Lihat Gambar 2). Hal ini dilakukan dengan pertimbangan jarak antara *node* sensor ke *node sink/gateway* berkisar 90 meter. Selain itu, topologi *star* memberikan kemudahan pengembangan dan implementasi jaringan sensor yang diusulkan di lahan persawahan. Sehingga strategi komunikasi menggunakan *single hop* dimana, setiap *node* sensor mengirim data hasil pengindraannya secara langsung ke sink untuk dikumpulkan. Data yang terkumpul di *sink/gateway* selanjutnya diteruskan ke internet untuk disimpan, diolah lebih lanjut sehingga dapat disajikan ke para pemangku kepentingan di bidang pertanian.



Gambar 2 Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel Usulan

### 3.3 Platform Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Setiap *node* yang disebar terdiri dari dua lapisan utama yaitu 1) lapisan perangkat keras dan 2) perangkat lunak. Lapisan perangkat keras terdiri dari papan utama berbasis *platform open source* Arduino, modul komunikasi XBee dan *shield*-nya (opsional) yang memiliki jangkauan 80-150M di lingkungan *outdoor*, tiga perangkat sensor (temperatur, kelembaban udara, dan kelembaban tanah), serta baterai sebagai sumber energi *node*. Gambar 3 menyajikan skema umum rancangan perangkat keras yang digunakan. Spesifikasi perangkat sensor yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

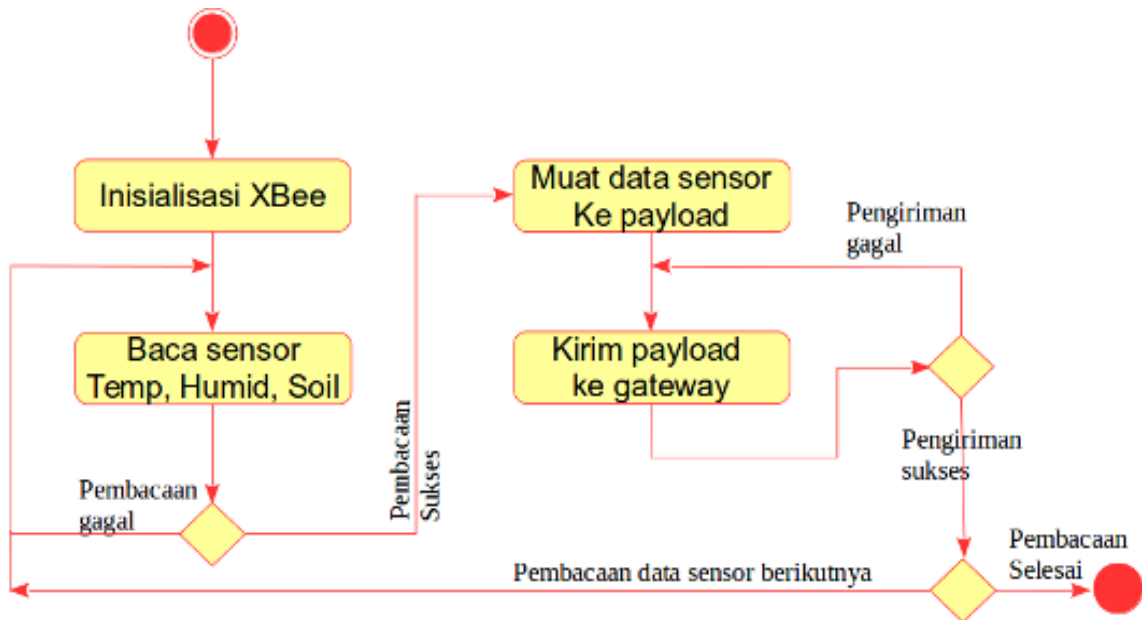


Gambar 3 Skema Rancangan *Node Sensor Usulan*

Tabel 1. Spesifikasi Sensor

Tipe Sensor	Spesifikasi
Soil	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ketika kelembaban (keberadaan air) berkurang, modul mengeluarkan <i>output</i> pada level tinggi, dan sebaliknya ketika keberadaan air banyak, modul mengeluarkan <i>output</i> rendah</li> <li>2) (<i>When the soil moisture deficit module outputs a high level, and vice versa output low.</i>)</li> <li>3) Tersedia potensiometer untuk pengaturan sensitifitas</li> <li>4) Beroperasi pada voltase 3.3V-5V</li> <li>5) Mode keluaran dapat berupa digital atau analog. (analog lebih akurat).</li> <li>6) Tersedia lubang untuk kemudahan instalasi</li> <li>7) Papan PCB ukuran kecil (3cm * 1.6cm)</li> <li>8) Indikator <i>Power</i> (merah) dan indikator keluaran <i>swithing</i>( hijau), menggunakan Chip Comparator LM393 yang sangat stabil</li> </ol>
DH21 (Temperature dan Kelembaban udara)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Paket 4-pin <i>package</i></li> <li>2) Konsumsi daya yang rendah (<i>Ultra-low power</i>)</li> <li>3) Tidak diperlukan tambahan komponen lain</li> <li>4) Stabil dalam pemakaian jangka panjang</li> <li>5) Semua kalibrasi, keluaran digital</li> <li>6) Dapat dipertukarkan</li> <li>7) Transmisi sinyal jarak jauh</li> <li>8) Pengukuran kelembaban dan temperatur Relatif</li> <li>9) Tingkat akurasi: 0.1</li> <li>10) Range pengukuran: 0-100%RH</li> <li>11) Range pengukuran Temperatur: -40°C ~ +80°C</li> <li>12) Presisi pengukuran kelembaban: ±3%RH</li> <li>13) Presisi pengukuran Temperatur: ±0.5°C</li> </ol>

Untuk pengembangan lapisan perangkat lunak digunakan software tools dan bahasa pemrograman Arduino berbasis C [10] . Aktivitas *node* sensor diawali dengan melakukan inisialisasi modul XBee, selanjutnya melakukan proses pembacaan data sensor melalui pin analog A0 untuk temperatur dan kelembaban udara dan pin analog A1 untuk data kelembaban tanah. Apabila proses pembacaan sensor sukses, dilanjutkan dengan mengisi data sensor ke struktur pesan atau payload dan mengirimnya ke *gateway*. Selang beberapa menit (dalam rancangan ini digunakan empat menit) berikutnya, proses diulangi kembali dengan melakukan pembacaan data sensor dan aktifitas pengiriman. Skema aktifitas di *sisi* node sensor yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Alur aktifitas *Node* Sensor

### 3.4 Mekanisme Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dimulai ketika semua *node* diaktifkan dan jaringan telah terbentuk. Tiga *node* sensor mulai mengumpulkan data penginderaannya masing-masing dengan membaca perangkat sensor, memasukkan data di *buffer* lokal *node*, selanjutnya mengirim data tersebut ke *node Sink/basestation*. Oleh *Sink*, setiap paket yang diterima diextract ke format teks (*string*) selanjutnya disimpan ke *file* atau dapat dikirim ke *server (cloud)* melalui jaringan internet untuk disimpan, diolah dan disajikan ke pemangku kepentingan di bidang pertanian. Ketika jaringan sensor bekerja, setiap *node* sensor yang dirancang dalam penelitian akan berada pada tiga kondisi berikut:

- 1) *Sense*. Pada kondisi ini, *node* sedang melakukan pembacaan data melalui perangkat ADC (*analog to digital converter*) dan menyimpan data hasil penginderaan ke *buffer* lokal *node* untuk dipersiapkan dalam pengiriman.
- 2) *Send*. Kondisi yang menandakan *node* sedang melakukan pengiriman data ke *Sink*.
- 3) *Sleep*. Menandakan *node* termasuk modul radio tidak sedang melakukan aktivitas. Pada kondisi ini pemakaian energi berada pada tingkat terendah. Implementasi kondisi ini menggunakan pustaka *Low Power*.
- 4) *Pewaktu (timer)* mengontrol aktivitas setiap *node*. Apabila selesai satu siklus, maka *node* sensor akan mengulangi aktivitasnya dan berada pada kondisi-kondisi tersebut secara berurutan dan berulang. Jika pada *node* sensor aktivitas utama yaitu *sense* dan *send*, maka pada *sink/basestation* yaitu menerima

(*receive*) setiap paket data yang dikirim, mengekstrak dan mengubah data ke format teks atau *string*, selanjutnya menyimpannya ke *file* atau dapat mengirim data tersebut ke *server* di internet.

### 3.5 Konfigurasi Jaringan ZigBee

Dalam tulisan ini, protokol jaringan sensor menggunakan ZigBee. Modul-modul komunikasi dikonfigurasi kedalam dua mode *node* yaitu *node* koordinator (*coordinator node*) dan *node* akhir (*end/router node*). *Node* koordinator bertanggung jawab dalam pembentukan dan manajemen jaringan, modul ini digunakan di *node sink*. Sedangkan *node* akhir berfungsi sebagai *node* pengirim atau penerima informasi di jaringan. Konfigurasi *node* akhir dipasang pada *node* sensor. Tabel 2 menyajikan konfigurasi yang digunakan untuk *node* koordinator dan *node* sensor, termasuk pengaturan *channel* dan PAN ID yang digunakan (PAN ID *node* koordinator dan *node end/router* sama yaitu 333 serta menggunakan Mode API).

Tabel 2. Konfigurasi *Coordinator* dan *End/Router Node*

Node	Nama field	Nilai Konfigurasi
Coordinator Node: Function: ZNet 2.5 Coordinator API	PAN ID	333
	SC Scan Channels	1FFE (Default)
	SD Scan Duration	3 (Default)
	NJ Node Join Time	FF (Default)
	SH Serial Number High	13A200 (Default)
	SH Serial Number Low	4081A9B8 (Default)
Sensor Node Function: ZNet 2.5 End/Router API	PAN ID	333
	DH Destination Address High	13A200
	DH Destination Address Low	4081A9B8

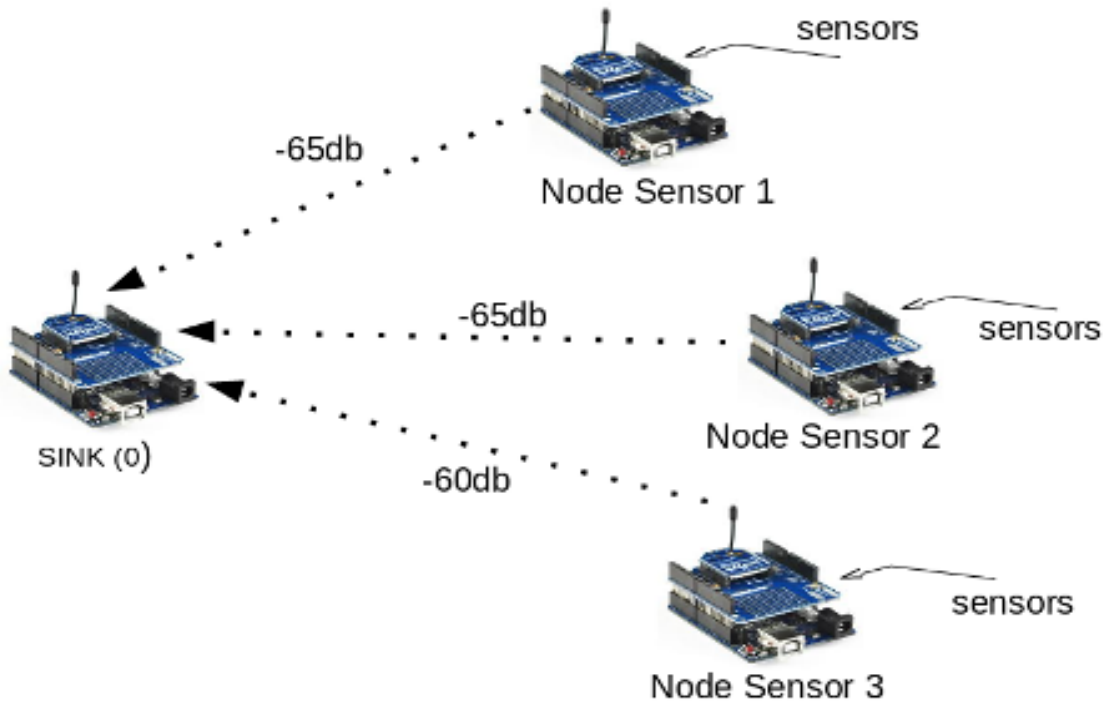
## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Evaluasi Performansi di atas Lingkungan Simulasi

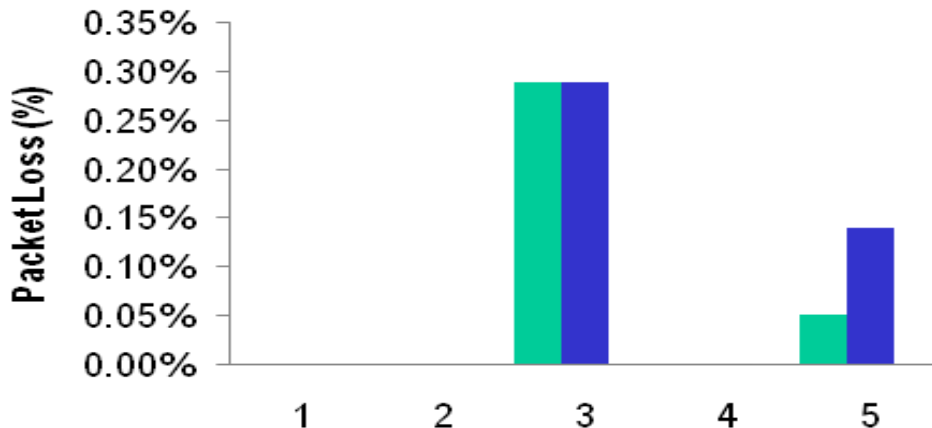
Evaluasi performansi rancangan dilakukan untuk mendapatkan kinerja sistem lebih awal sebelum proses penyebaran *node* sensor di lahan persawahan, secara khusus parameter komunikasinya seperti waktu tunda (*delay time*) dan rasio kehilangan paket (*packet loss ratio*). Performansi sistem dievaluasi di atas lingkungan *TinyOS Simulator* (TOSSIM) yang menawarkan lingkungan simulasi dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi serta kemampuan meng-emulasi perangkat keras yang digunakan seperti *ADC*, *Clock*, *Transmit Strength*, dan beberapa komponen radio [11].

Konfigurasi yang digunakan sesuai dengan arsitektur *star* dan rancangan aplikasi yang dibuat termasuk komponen sensornya (Lihat Gambar 5), dengan melibatkan penambahan faktor gangguan komunikasi (*noise*) menggunakan data yang telah dimodifikasi dari algoritma *noise meyer*. Dari lima kali evaluasi memperlihatkan parameter kehilangan paket dan rata-rata waktu tunda yang dapat diterima, dimana rata-rata kehilangan paket sebesar = 0.19% sementara rata-rata waktu tunda = 0.242 ms. Gambar 6 dan Gambar 7 menyajikan tren data hasil pengujian kehilangan paket dan rata-rata waktu tunda tersebut. Pada pengujian

tiga tingkat kehilangan data (*packet loss*) cukup tinggi dibanding pengujian lainnya yang disebabkan konfigurasi link antar *node* di TOSSIM (*channel assessments*) pada pengujian tiga tersebut dibuat dengan skenario tidak normal (koneksi link yang buruk).



Gambar 5 Konfigurasi Jaringan Sensor yang Dievaluasi pada TOSSIM



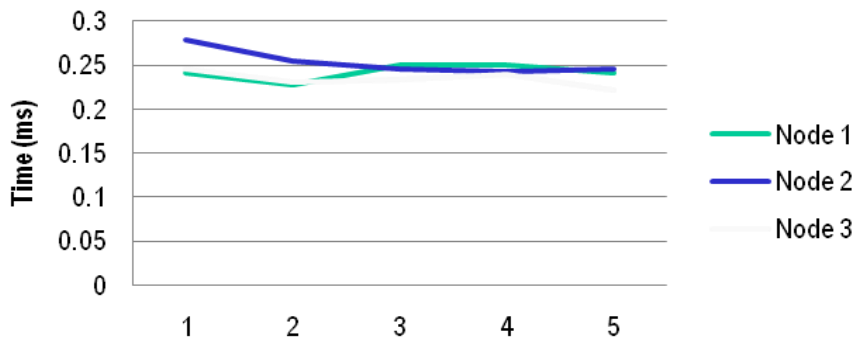
Gambar 6 Tren Hasil Pengujian Lima Kali untuk *Packet Loss*

#### 4.2 Implementasi dan Hasil Eksperimen

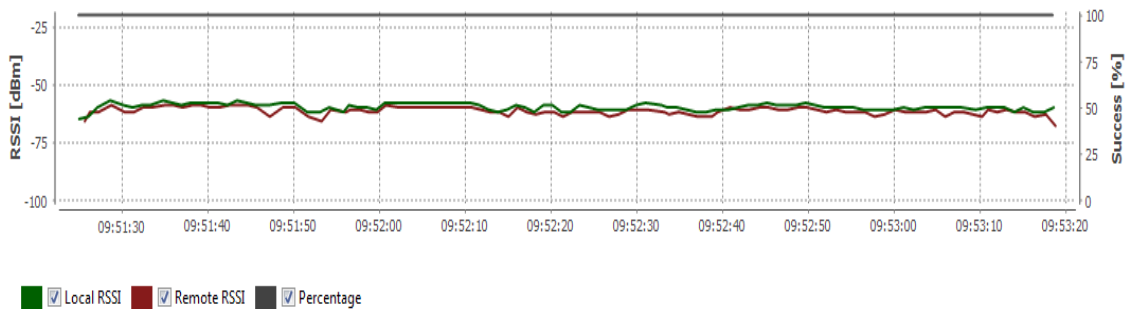
Pengujian jarak (*range*) di lokasi penelitian, Desa Maradekaya, Gowa dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan komunikasi secara nyata yang optimal dalam penempatan antara *node*. Dalam penelitian ini, jarak optimal antara *node* merupakan jarak yang memungkinkan sebuah *node* sensor dan *sink/gateway*

berkomunikasi melalui modul XBee tanpa adanya kehilangan data yang signifikan (*packet data loss/error*). Dengan menempatkan *node* sensor serta *sink* secara langsung di sawah dengan jarak tertentu, dalam uji coba ini yaitu 60m, 80m, 100m, 120m dan melihat indikator hasil komunikasi XBEE menggunakan *software* XCTU, penulis mendapati jarak 80 hingga 100 meter merupakan jarak optimal yang dapat digunakan dengan rata-rata kehilangan paket sebesar 0.01%. Selain itu indikator kekuatan sinyal memperlihatkan kualitas sinyal yang cukup baik berkisar -50dBm hingga -75 dBm. Gambar 8 memperlihatkan salah satu hasil pengujian indikator sinyal antara *node* menggunakan XBee pada ujicoba dengan jarak 80m.

## Average Delay

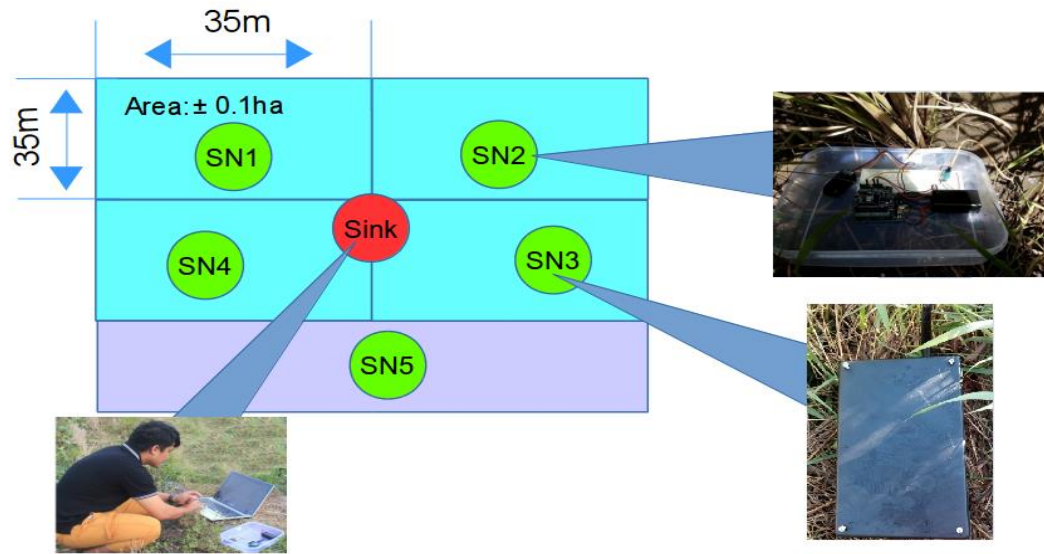


Gambar 7 Trend Hasil Pengujian Waktu Tunda Pengiriman



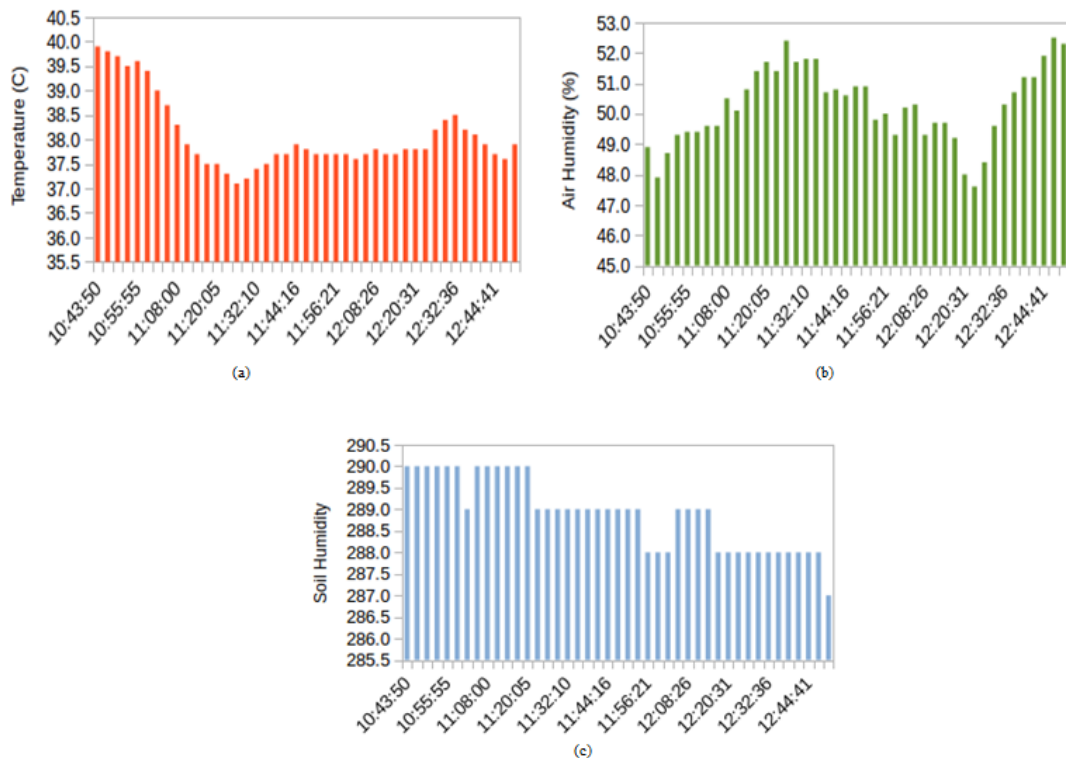
Gambar 8 Indikator Pengujian Jarak Antara *Node* Pengirim dan Penerima

Setelah memperoleh *range* optimal yang dapat digunakan, selanjutnya tiga *node* sensor disebar di tiga petak sawah yang berbeda berjarak  $\pm 70$  meter dari *sink/basestation*. Setiap petak lahan persawahan yang ditinjau di Desa Maradekaya Kabupaten Gowa, memiliki ukuran  $\pm 35\text{m} \times 35\text{m}$  maka setiap *node* sensor dapat terhubung secara langsung ke *node sink* sesuai skenario topologi star, tanpa diperlukan *node repeater/router*. Gambar 9 memperlihatkan skenario implementasi yang telah disesuaikan dengan kondisi dan ukuran lahan persawahan tersebut. Node Sensor 1 (SN1) hingga Node Sensor 4 (SN4) disebar di setiap petak sawah, sementara *Node Sensor 5* (SN5) ditempatkan di titik yang tidak jauh dari sumber irigasi. Dalam eksperimen ini, *node sink/basestation* yang digunakan berupa XBee serial sink yang terhubung ke komputer Laptop dan terkoneksi ke Internet. Sehingga data hasil penginderaan yang diterima dapat diteruskan ke penyimpanan di Internet.



Gambar 9 Implementasi dan Evaluasi Prototipe di Lahan Persawahan

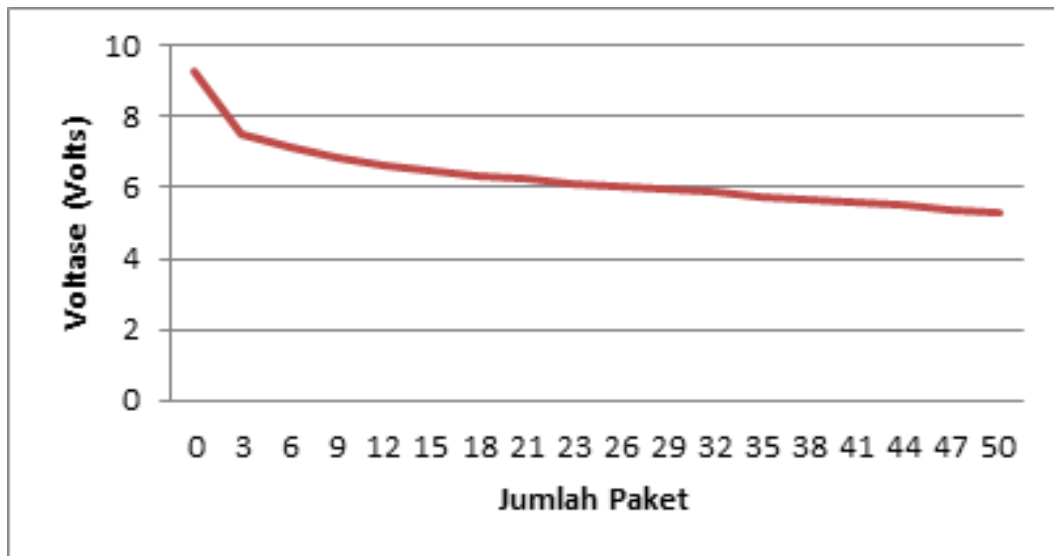
Proses pengambilan data kondisi lahan persawahan oleh prototip jaringan sensor dilakukan selama 2 jam dengan hasil pengindraan berupa temperatur dan kelembaban udara, serta kelembaban (keberadaan) air ditanah seperti yang ditunjukkan hasil pengindraan salah satu node sensor pada Gambar 10. Untuk data kelembaban tanah, nilai sensor dibawah 500 menunjukkan tanah dalam kondisi berair.



Gambar 10 Data Hasil Pengindraan Tiga Parameter Kondisi Lahan Persawahan yang Dikumpulkan oleh Sebuah *Node* Sensor



Dalam penelitian ini, juga diamati karakteristik penurunan voltase baterai yang terjadi selama ujicoba berlangsung. Baterai yang digunakan dalam ujicoba yaitu baterai 9 volt dengan kapasitas 400mAh. Dari ujicoba diketahui bahwa rata-rata penurunan voltase untuk satu kali pengiriman data ke sink sebesar 0.234 volt. Dengan penurunan tertinggi terjadi pada saat node pertama kali diaktifkan yaitu sebesar 1,8-volt yang disebabkan inisialisasi jaringan XBee pertamakali. Gambar 11 menunjukkan karakteristik penurunan voltase baterai yang diujicoba terhadap jumlah paket data yang dikirim oleh *node* sensor.



Gambar 11 Karakteristik Penurunan Voltase Baterai

## 5. Kesimpulan

Hasil pengujian *range* komunikasi menunjukkan jarak 80 hingga 100 meter merupakan jarak optimal yang dapat digunakan untuk menempatkan *node* sensor dan *node* sink dengan rata-rata kehilangan paket data sebesar 0.01%. Selain itu, dari ujicoba memperlihatkan bahwa prototipe *node* sensor yang dikembangkan mampu mengumpulkan tiga data kondisi lahan persawahan berupa temperatur, kelembaban udara, dan kelembaban tanah atau keberadaan air di tanah. Data tersebut diterima oleh *sink* sehingga dapat disimpan dan diproses lebih jauh untuk disajikan ke *user* atau pemangku kepentingan di bidang pertanian. Dari ujicoba juga diketahui bahwa, konsumsi energi prototipe *node* sensor masih sangat tinggi sehingga belum dapat digunakan untuk melakukan penginderaan kondisi lahan persawahan secara jangka panjang tanpa sumber energi yang memadai.

Pekerjaan selanjutnya, dititik beratkan pada penghematan konsumsi energi *node* sensor ataupun dengan pemakaian baterai yang dapat diisi kembali (*rechargeable*) melalui solar panel sehingga masa operasi *node* sensor dapat dipertahankan dalam waktu yang panjang.

## 6. Daftar Rujukan

- [1] Cox, S., Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 (2–3), pp. 93–111, 2002.
- [2] Lopez Riquelme, J.A., Soto, F., Suardiaz, J., Sanchez, P., Iborra, A., and Vera, J.A., Wireless Sensor Networks for Precision Horticulture in Southern Spain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68 (1), pp.25–35, 2009.
- [3] Oliver, M. A., Precision agriculture and geostatistics: How to manage agriculture more exactly. *Journal of Significance*, 10 (2), pp. 7–22, 2013.
- [4] Catania, P., Vallone, M., Ortolani, G. L.R. M., A wireless sensor network for vineyard management in Sicily (Italy). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15 (4), 2013.



- [5] Okayasu, T., Yamabe, N., Marui, A., Miyazaki, T., Mitsuoka, M., and Inoe, E., Development of Field Monitoring and Work Recording System in Agriculture, ISMAB2010, 2010.
- [6] Zhu, Y., Song, J., Dong, F., Applications of wireless sensor network in the agriculture environment monitoring. *Procedia Engineering* 16, pp. 608 – 614, 2011.
- [7] Lazarescu, M. T., Design and Field Test of a WSN Platform Prototype for Long-Term Environmental Monitoring. *Sensors*, 15, pp. 9481-9518, 2015. doi:10.3390/s150409481
- [8] Badan Pusat Statistik, Data 5 Tahun Produksi Padi Menurut Propinsi. Tersedia di <http://www.pertanian.go.id/Data5tahun/ATAP-TP2015/20-ProdPadi.pdf>. Diakses tanggal 10 Januari 2017.
- [9] Lopulisa, C., Husni, H., Karakteristik Lahan Sawah dan Budidaya Padi di Kabupaten Gowa. *Media Litbang. BALITBANGDA Propinsi Sulawesi Selatan*, pp. 142-158, 2008.
- [10] Banzi. M., Getting Started with Arduino. O'Reilly, 2011.
- [11] Levis, P., Lee, N., Welsh, M., Culler, D., TOSSIM: Accurate and scalable simulation of entire TinyOS applications. *Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, Los Angeles, CA., USA., 2003, pp. 126-137, 2003.

