

# PROBLEM KOMUNIKASI WIRELESS SENSOR NETWORKS UNTUK PEMANTAUAN EKOLOGI LINGKUNGAN

Rony Teguh

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Palangkaraya

Email : [ronnyteguh@gmail.com](mailto:ronnyteguh@gmail.com)

## Abstract

*In this paper, our system development of wireless sensor network for ecology monitoring in peatland environment. In the development the real field, topology of sensor nodes deployed in the peatland condition. The practical problem such as asymmetric link communication, unreliable link communication, Fresnel zone problem and data packet routing can impact in the wireless sensor network in sparse development. In this paper, our proposes identification of implementation issues in communication practical in the focus on sparse deployment and implementation in the real environment for monitoring ecology.*

## 1. Pendahuluan

Wireless Sensor Networks (WSNs) saat ini sudah banyak digunakan: Aplikasi yang paling umum adalah untuk mengumpulkan informasi lingkungan dari wilayah yang sangat sulit terjangkau seperti hutan dan ekologi Porter (2005), Gunung Yick (2008), bawah tanah Elleithy (2012) di dalam air/laut Lloret(2012), kebakaran hutan Zhang (2009).

Kami telah mengembangkan sebuah sistem sensor untuk mengumpulkan data suhu termasuk kelembaban di lahan gambut hutan tropis di Kalimantan Tengah untuk mendeteksi dan memantau kebakaran hutan dengan menggunakan *wireless sensor network* dan pesawat tanpa awak Teguh (2012).

Tujuan dari pembangunan dan pengujian ini adalah untuk mengembangkan dan mengujicoba suatu permasalahan yang terjadi pada kondisi sebenarnya pada jaringan sensor dan dimungkinkan untuk dikembangkan sebagai solusi terbaik pada kasus pengumpulan data di hutan dan lahan. Masalah yang dapat dipecahkan untuk mengatasi permasalahan tersebut meliputi:

a. **Paket routing:** Meskipun banyak algoritma routing yang telah dikembangkan untuk WSNs, beberapa

dari algoritma tersebut telah diterapkan pada sistem *sensor network*. Oleh karena itu, kami perlu memastikan bahwa algoritma routing yang kami kembangkan dapat bekerja dengan baik dalam implementasi di kondisi lingkungan hutan lahan gambut yang memiliki tingkat hambatan banyak.

b. **Pembangunan sensor node dengan tingkat kepadatan yang jarang (sparse):** Dalam beberapa literatur yang membahas wireless sensor networks, sering dikembangkan pada model jaringan dengan tingkat kepadatan yang rapat (*dense*) namun dengan pertimbangan implementasi pada lingkungan dan biaya, kami menggunakan model jaringan dengan tingkat kepadatan yang jarang (sparse) Yick (2008; Jiang (2012).

c. **Jangkauan transmisi yang tidak teratur:** Banyak peneliti telah membuat asumsi bahwa jangkauan transmisi dari sebuah *node sensor* memiliki bentuk seperti melingkar atau dapat diatur radius komunikasinya. Akan tetapi, cakupan sebenarnya adalah tidak teratur dan dapat bervariasi sesuai keadaan dikondisi sebenarnya di lapangan yang dipengaruhi vegetasi dan halangan.

Pada paper ini akan dijelaskan konfigurasi sistem, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan yang kami telah dikembangkan, dan membahas implementasi dari hasil penelitian ini dan solusinya, dimana fokusnya paper ini adalah pada masalah komunikasi jaringan *sensor network* yang pembangunan dan pemasangan sensor *node* dengan tingkat kepadatan sangat jarang (*sparse*) dan pada setiap *node* yang memiliki masalah komunikasi yang tidak beraturan (*asimetris*). Pada paper ini dibagi sebagai berikut. bagian 2 akan menjelaskan gambaran sistem yang digunakan. Bagian 3, kami akan menjelaskan perangkat lunak (*Software*) yang digunakan, pada bagian 4, kita akan mendiskusikan implementasi dan solusinya. Bagian 5 adalah kesimpulan dari paper ini.

## 2. Gambaran umum WSN

Sistem pemantauan ekologi lingkungan gambut terdiri dari 7 buah sensor *node* (**SN**) dan satu buah base-station (**BS**) yang bertujuan untuk mengevaluasi prototipe dari sistem sensor *node* yang terpasang di seluruh lahan percobaan, dan sebuah base station yang terpasang di gedung terdekat sebagai pengumpul informasi dari keseluruhan sensor *node*.

Base station berguna untuk menyimpan data yang dikumpulkan dari *node* sensor, di tempat yang dapat diakses melalui Internet. Base station dapat juga mengirimkan kejadian untuk melaporkan peristiwa tertentu secara langsung di lingkungan yang sebenarnya. sensor *node* diletakan secara terpisah dan tingkat kepadatan yang luas dan acak. sensor *node* akan mengumpulkan informasi seperti suhu dan kelembaban, dan mengirimkannya ke base station secara berkala. Gambar. 1 menunjukkan skema pengembangan sistem yang kami bangun.

Prototipe sistem perangkat keras yang dibangun menggunakan produk Crossbow, dengan mendukung sistem algoritma data *routing* yang dapat dibangun serta menjalankan sistem perangkat lunak yang kami kembangkan sendiri. Sistem operasi untuk wireless sensor network memiliki fitur-fitur yang dapat kembangkan adalah PISA-I yang dimodifikasi untuk algoritma paket routing, Keunggulan dari algoritma ini adalah mekanisme dalam mengurangi penggunaan energy konsumsi pada sistem komunikasi, serta perangkat lunak yang dapat mengatur waktu agar sensor dapat berkerja dan dapat mengoptimasi penggunaan energi dengan mode operasi keadaan *sleep* and keadaan *active* pada modul komunikasi.

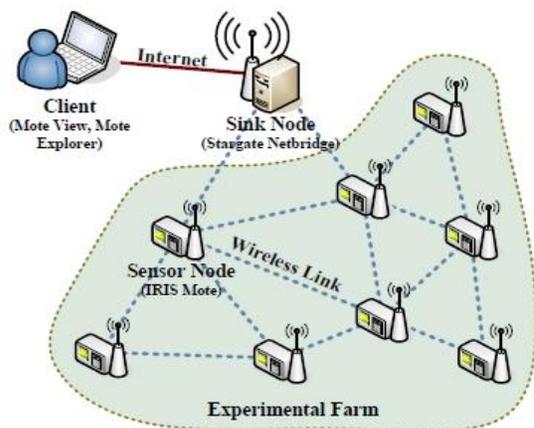
### A. Sensor node (SN).

Jenis perangkat keras sensor *node* yang digunakan adalah dari Crossbow IRIS yang merupakan jenis terbaru dari keluarga MICAz. Sensor *node* terdiri atas modul komunikasi dan sensor modul. Pada komunikasi modul, sensor *node* menggunakan frekuensi 2.4 Ghz dari IEEE protokol 802.15.4 yang memiliki besar transfer data sebesar 250kbps. Adapun karakteristik jangkauan transmisi di luar ruangan adalah 300m dan di dalam ruangan adalah 50m dengan menggunakan jenis antena 1/4-wave dipole. Sensor module terdiri atas beberapa jenis yaitu, suhu, kelembaban, tekanan atmosfer, intensitas cahaya, and sensor getaran. Secara garis besar karakteristik dari sensor *node* dapat di ringkas pada tabel 1.

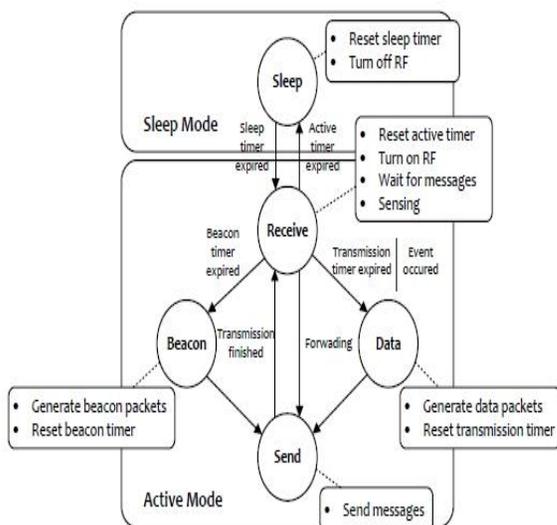
### B. Base Station (BS)

Base station terdiri dari XM2110CA yang memiliki komunikasi modul IRIS *node* 2.4 Ghz, dan Stargate Netbridge. Sistem Ini beroperasi menggunakan database SQList dan web server, dan dapat terhubung ke Internet melalui kabel Ethernet. Database server berguna untuk menyimpan data, manipulasi

data serta distribusi melalui web server. Hal ini juga sebuah base station dapat mengirim pesan ke pengguna dalam bentuk short message system (SMS) jika terjadi perubahan tiba tiba pada suhu yang naik secara ekstrim atau kelembaban terdeteksi. Pada sisi pengguna dapat ditampilkan dalam informasi dapat bentuk grafik berdasarkan informasi sensor yang terpasang di lingkungan.



Gambar 1. Gambaran umum sistem prototipe sensor *node*.



Gambar 2. Sistem keadaan (*state*) dari sensor *node*

Tabel 1. Informasi perangkat keras IRIS *node*

| Komponen             | Deskripsi         |
|----------------------|-------------------|
| Prosesor             | Atmel ATmega 128L |
| Memori               | 4K byte           |
| EEPROM (data)        | 2.4 Ghz           |
| frekuensi            | CC2430            |
| Radio Pemancar       | 3dBm              |
| RF Power             | -101 dBm          |
| Sensitivity Pemancar | 500 meter         |
| Jangkauan di Luar    | 100 meter         |
| Jangkauan di dalam   | 2 AA              |
| Baterai              |                   |

### 3. Perangkat Lunak Sensor Networks

Sensor *node* dapat dijalankan menggunakan Sistem operasi TinyOS yang berbasis Nesc Gay (2003). Di dalam sistem operasi TinyOS didalamnya termasuk hasil modifikasi algoritma PISA-I untuk paket routing data, mode status sleep and status aktif untuk mengurangi konsumsi energi pada peralatan komunikasi dan sinkronisasi waktu global.

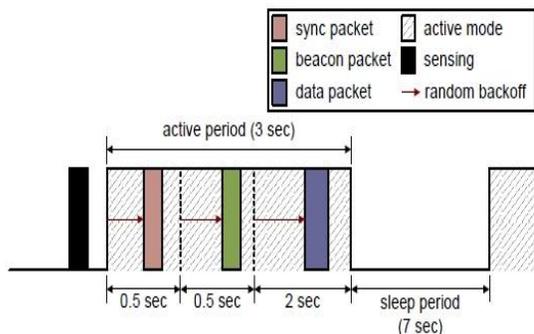
#### A. Prilaku Sistem sensor *node*.

Selama sensor dalam keadaan status sleep. Sensor akan mematikan pemancar dengan tujuan untuk mengurangi konsumsi energi. Tetapi secara periodik akan menyala sehingga pemancar yang pada mulanya berstatus sleep akan aktif melakukan pemindaian terhadap sensor *node* yang ada di sekitarnya. Setelah waktu aktif selesai, kondisi sensor akan kembali mematikan radio transmisi dan kembali lagi kepada kondisi sleep. Gambar 2. Gambaran kondisi diagram keadaan dari sensor network.

Ada tiga tipe paket yang akan di kirim selama keadaan sensor adalah aktif yaitu.

- **Beacon Paket.** Berisikan informasi dari pengirim pesan, dan di umumkan tetangga *node* yang terdekat.
- **Siknonikasi Paket** adalah pertukaran sikronisasi waktu secara global tiap tiap sensor *node*.
- **Paket data antara sensor *node*.** Sensor *node* akan meneruskan data ke tetangga

*node* yang terdekat berupa *node* ID, ukuran paket serta *Node* ID.



Gambar 3. Prilaku sensor *node* pada saat keadaan aktif

Mode operasi sensor *node* dalam melakukan deteksi, menerima dan mengirimkan dapat di lihat pada gambar 3. Pada sistem ini, algorithm data routing juga menggunakan bilangan acak backoff sebelum paket dikirimkan yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan bertabrakan antar paket data dengan tipe yang sama. Untuk waktu sinkronisasi 0.5 detik, beacon membutuhkan waktu 0.2 detik sedangkan periode data membutuhkan waktu 2 detik.

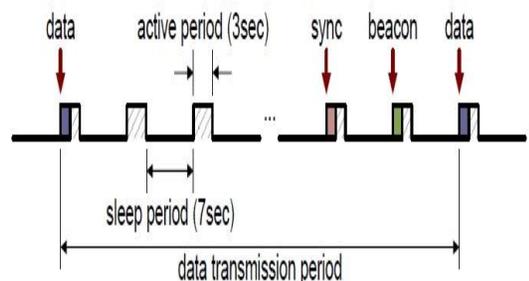
### B. Mode Operasi sensor *node*.

Tiap sensor beroperasi secara normal, dimana secara periodik akan monitor suhu dan kelembaban, dan mengirimkan data-data tersebut ke base station sebagai pusat informasi. Sebagai contoh, ketika di lingkungan terdeteksi adanya potensi terjadi kebakaran/api, sensor *node* dengan segera akan masuk ke dalam mode operasi peringatan (Alert) dan mengirimkan ke base station.

#### Mode operasi normal

Pada gambar 4 dapat di lihat mode operasi sensor *node* dalam kondisi normal. Pada contoh berikut ini, sensor *node* tetap aktif selama 3 detik, yang mana selama itu akan mengirimkan waktu sikronisasi, beacon dan paket dat secara berurutan setiap periode pengiriman data. Kemudian sensor akan

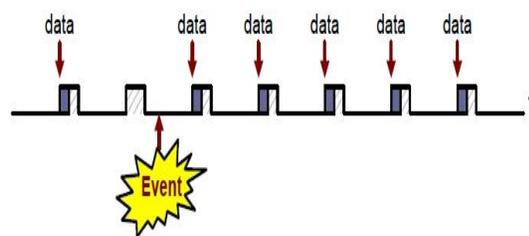
sleep selama 7 detik sehingga siklusnya adalah 0.3.



Gambar 4. Prilaku sensor *node* dalam mode normal selama periode pengiriman data.

#### Mode operasi Alert/Peringatan

Ketika secara signifikan sensor *node* dalam masuk dalam operasi peringatan dan melakukan pemantauan, setiap sensor *node* akan mengirimkan paket data kedalam keadaan status aktif. Kemudian kondisi ini data dikirim terus menerus secara berkelanjutan dan data terkirim berdasarkan prioritas pada jalur network yang terpendek agar sampai ke base station. Pada gambar 5 di tampilan prilaku sensor *node* dalam mode peringatan selama periode pengiriman data.



Gambar 5. Prilaku sensor *node* dalam mode peringatan selama periode pengiriman data.

## 4. Algoritma routing

Pada paper ini digunakan algoritma hasil modifikasi dari PISA untuk paket routing. Algoritma PISA adalah algoritma yang berbasis prioritas data. Sensor *node* dapat

menjalankan algoritma PISA berdasarkan prioritas paket data yang diinginkan. Algoritma ini juga menggunakan teknik prioritas data untuk rute tercepat dan terdekat. Ketika sebuah informasi *nextnode* dari sensor *node* terdekat dengan base station maka akan memiliki nilai progressive value (PV) dan post-progressive value (PPV) dari tetangga *node* terdekat. PV and PPV dapat mewakili 1 dan 2 jarak antar hop dari sender  $v$  ke base station melalui tetangga *node* yang terdekat. Ketika sensor mendeteksi anomali daya, seketika base station segera akan mendapatkan pemberitahuan. Adapun untuk memilih *nextnode* dari nilai PV dan PPV dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{nextnode}(v) = \max_{u \in N(v)} \{PV(v, u) + PPV(u)\} \quad (1)$$

Dimana  $N$  adalah jumlah sensor *node* yang bertetangga  $v$ .  $PV(v, u)$  adalah koneksi hubungan dari *node*  $v$  ke *node*  $u$ . Dan  $PPV(u)$  adalah PPV dari  $u$ . Untuk mengatur jangkauan transmisi, agar energy yang digunakan dapat efisien dan jalur rute data yang berbeda. Kami mengubah persamaan (1) dalam bentuk nilai energi yaitu  $E(u)$ . Berikut fungsi biaya untuk energy tersebut.

$$\text{cost}(v, u) = \frac{1}{\alpha(PV(v, u) + PPV(u)) + \beta E(u)} \quad (2)$$

Dimana  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah faktor beban. Di persamaan (2)  $\text{cost}(v, u)$  diambil dari jarak antar *node*  $v$  ke *node*  $u$ .

## 5. Implementasi dan Hasil

### a. Jarak Transmisi yang tidak beraturan.

Masalah yang dihadapi dalam implementasi di lapangan dengan jarak antar sensor *node* yang sangat jauh adalah ketidakaturan jangkauan transmisi. Pada PISA algoritma, paket data mengirimkan informasi ke base station melalui sensor *node* yang terdekat.

Dari nilai PV dan PPV akan di dapat informasi jalur jalur rute untuk menghubungkan jangkauan jaringan transmisi. Ketika jangkauan transmisi sensor *node* sangat lemah, nilai PV dan PPV akan mengkoreksi kesalahan pada transmisi kembali yang kemudian menentukan nilai transmisi yang terdaftar pada daftar *nextnode*.

### b. Fresnel Zone.

Permasalahan yang lain yang terjadi pada saat implementasi adalah berkurangnya jangkauan transmisi dikarenakan oleh halangan dari fresnel zone. Saat implementasi, kami memasang peralatan sensor network dekat dengan tanah yang dapat dilihat pada gambar 6. Karena dekat dengan tanah akan terjadi pengurangan jarak jangkauan transmisi. Untuk dapat menghitung optimal fresnel zone adalah sebagai berikut

$$Fn = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 d_2}} \quad (3)$$

Pada persamaan ini  $Fn$  adalah radius titik temu dari sinyal propagasi.  $\lambda$  adalah panjang gelombang, dan  $d_1$  dan  $d_2$  adalah jarak antar pengirim dan penerima. Sensor *node* yang terpasang di lapangan memiliki fresnel zone 1.25 meter, karena jangkauan IRIS mote memiliki jangkauan transmisi sebesar 500m, sangat sulit sensor *node* berkomunikasi sehingga hanya bisa menerima pada jarak 50m. Jika model penempatan sensor dengan tingkat kepadatan yang sangat padat, ini tidak akan menjadi masalah. Sangatlah penting saat melakukan instalasi kembali dengan memperhitungkan jarak ketinggian horisontal agar di dapat optimal jarak jangkauan pada sensor *node*. Hambatan yang terjadi di pada saat uji coba prototipe sistem berupa vegetasi dan pohon yang rata rata ketinggian 3 – 5 meter.



Gambar 6. Peta topologi *Wireless Sensor Network*

### c. Pemantau Ekologi Gambut dengan WSN

Kami telah memasang 7 buah sensor *node* dan 1 buah base station di lahan percobaan pada koordinat latitude  $2^{\circ}13'40.77''S$ , longitude  $113^{\circ}52'27.22''E$ . Percobaan yang dilakukan adalah pengukuran tingkat suhu (temperature) dan kelembaban (humidity) pada tutupan lahan. Kami mulai mengujicoba penggunaan sensor network untuk pengukuran pada siang hari disaat cuaca dalam kondisi baik. Kami mulai pengukuran dari jam 09.07 - 12.00 WIB karena kami memerlukan tingkat pencahayaan dan sudut matahari yang maksimal agar di dapat tingkat suhu dan kelembaban pada tutupan lahan.

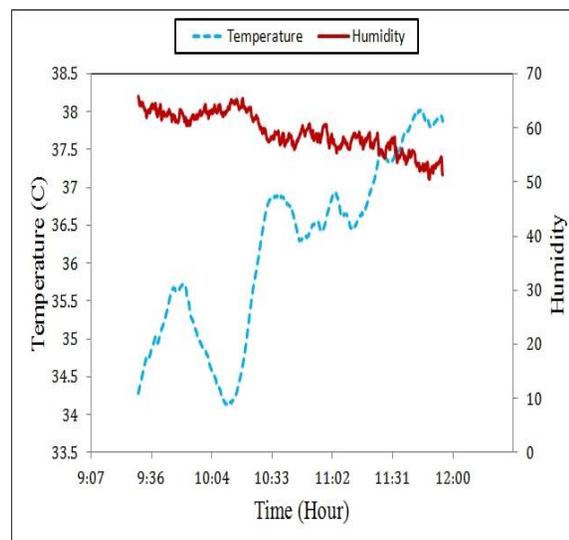
Pada gambar 7. Kami melakukan pengukuran pada lahan terbuka tanpa ada pohon di sekitarnya, ditemukan bahwa suhu naik mencapai rata – rata 36.24 Celcius dengan kelembaban rata rata sebesar 52.9%.

Pada gambat 8. Sensor *node* melakukan pengumpulan data dengan variasi jenis pohon yang beragam pada tingkat kepadatan tutupan lahan yang jarang. Suhu pada

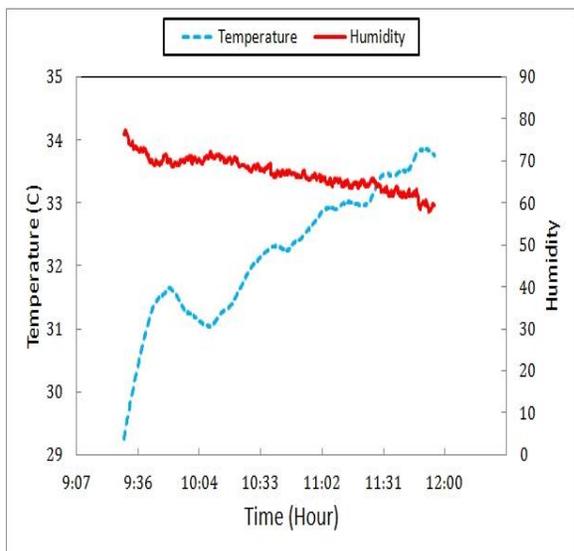
tutupan lahan tersebut sebesar rata – rata 32.2 derajat celcius dan dengan kelembaban rata rata 67.1%.

Pada gambar 9. Sensor *node* melakukan pengambilan data dengan tutupan lahan pada satu jenis pohon. Suhu pada tutupan lahan tersebut sebesar rata – rata 32.2 derajat celcius dan dengan kelembaban rata rata 66.1%.

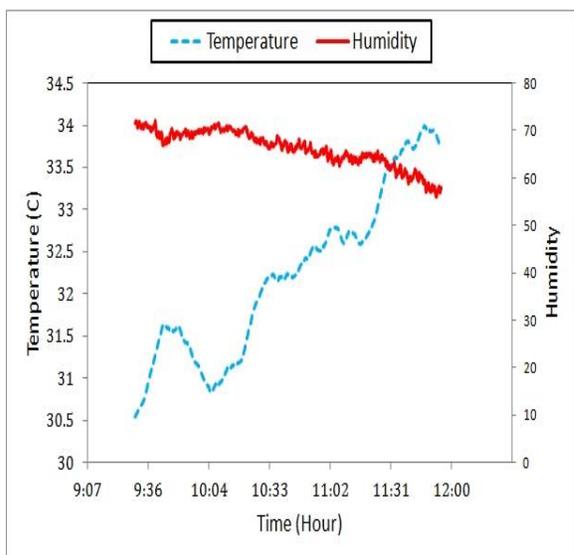
Pada gambar 10 dapat kita lihat grafik data pada lahan terbuka (Open Space), Pohon yang bervariasi (Heterogen Tree), dan pohon tunggal (Single tree). Dapat kita diskusikan bahwa pengaruh intensitas cahaya matahari dapat meningkatkan suhu permukaan tanah sehingga terjadi pelepasan panas pada permukaan tanah. Ini disebabkan oleh tutupan lahan yang sangat berpengaruh berupa vegetasi dan pohon terhadap suhu dan pelepasan gas  $CO_2$  di udara.



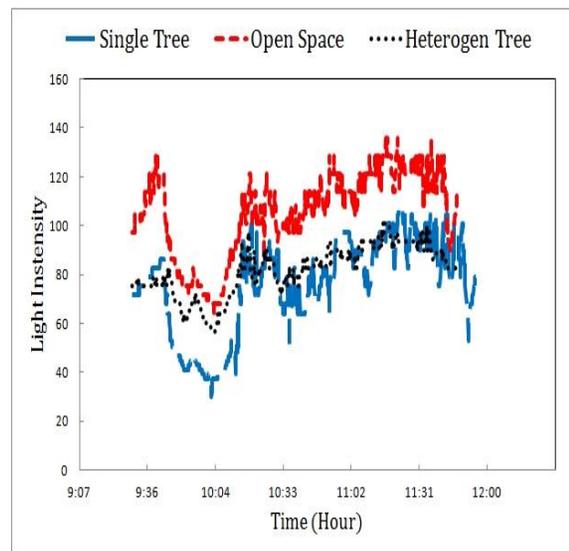
Gambar 7. *Temperature* dan *Humidity* pada lahan terbuka.



Gambar 8. *Temperature* dan *Humidity* pada tutupan lahan dengan variasi pohon.



Gambar 9. *Temperature* dan *Humidity* pada tutupan lahan dengan satu jenis pohon.



Gambar 10. Intensitas cahaya matahari pada tutupan lahan

### 3. Kesimpulan

Kami akan jelaskan dari implementasi desain WSN untuk pemantauan lingkungan dalam skala yang sangat besar. Tujuh sensor dibangun di lahan percobaan dengan tingkat kepadatan yang jarang (*sparse*) untuk mengukur tingkat suhu, kelembaban dan intensitas cahaya matahari. Pemancar sensor network akan otomatis dipadamkan untuk mengurangi konsumsi energi, dan melakukan rotasi sinkronisasi *sleep* dan *wakeup* terhadap setiap sensor *node*. Sebuah sensor *node* akan berjalan secara normal, dan apabila sensor *node* mendeteksi kemungkinan bahaya ekstrim seperti kebakaran lahan, maka sensor dengan cepat akan beroperasi dalam mode *alert*. Dan data yang dikirim secara terus menerus ke base station secara cepat.

Dalam implementasi kami temukan beberapa masalah komunikasi antar *node*. Masalah pertama, jangkauan transmisi asimetris (*asymmetric link*) disebabkan oleh ketidakberaturan cakupan transmisi. Masalah kedua, terjadi pengurangan jangkauan transmisi yang disebabkan oleh distorsi *Fresnel zone*. Efek ini menyebabkan

sensor *node* tidak dapat berkomunikasi satu sama lain. Untuk mengatasinya diperlukan menambah ketinggian agar tidak terhalang terhadap kepadatan vegetasi dan pohon.

Kami telah melakukan percobaan pada sistem prototype yang kami kembangkan di lahan gambut. Sistem yang kami kembangkan sangat stabil dan efisien untuk dapat dipergunakan di lahan gambut yang luas terutama untuk kasus kebakaran lahan dan hutan gambut.

### Daftar Pustaka

- Elleithy, A., Liu, G. & Elrashidi, A., 2012. Underground Wireless Sensor Network Communication Using Electromagnetic Waves Resonates at 2 . 5 GHz. , 2(6), pp.158–167.
- Gay, D. et al., 2003. The nesC Language : A Holistic Approach to Networked Embedded Systems Categories and Subject Descriptors.
- Jiang, Z., 2012. Development of an Equipment Room Environment Monitoring System based on Wireless Sensor Network and Mobile Agent.
- Lloret, J. et al., 2012. Underwater wireless sensor communications in the 2.4 GHz ISM frequency band. , 12(4), pp.4237–64.
- Porter, J. et al., 2005. Wireless Sensor Networks for Ecology. *BioScience*, 55(7), p.561.
- Teguh, R. et al., 2012. Detection and Verification of Potential Peat Fire Using Wireless Sensor Network and UAV. In *International Conference On Information Technology and Electrical Engineering*.
- Yick, J., Mukherjee, B. & Ghosal, D., 2008. Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52(12), pp.2292–2330.
- Zhang, J. et al., 2009. Forest fire detection system based on wireless sensor

network. *2009 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, pp.520–523.