

**JEJARING PELAMPUNG NIRKABEL  
UNTUK OBSERVASI PERAIRAN PESISIR PULAU-PULAU KECIL**

***WIRELESS SENSOR NETWORKS BUOY FOR COASTAL WATERS OBSERVATION***

**Rizqi Rizaldi Hidayat<sup>1\*</sup>, Indra Jaya<sup>2</sup>, dan Totok Hestirianoto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Sekolah Pascasarjana, P.S. Teknologi Kelautan, IPB, Bogor

<sup>2</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

\*E-mail: rizaldi.rizqi@gmail.com

**ABSTRACT**

*The availability of data in real time and continuous is important to monitor in environmental change as early as possible. Wireless sensor networks (WSN) offer a new paradigm in the field of oceanography that can measure the parameters of complex marine environment using a moored buoy. This paper described design of a data transmission system with a moored buoy and tested the performance of WSN instrument based on ZigBee protocol radio module for monitoring coastal water environment in real time. Instruments were divided into two i.e., (1) five sensors served to measure sea surface temperature, stored the data, and transmitted the data to the base station, and (2) a coordinating instrument that placed on the bases station served to receive and record all measurement results of each sensor. The testing was done by deploying the instrument sensors in waters with depths of 2 to 5 meters and a coordinating instrument was located on the ground as a base station. Each instrument's sensor measure sea surface temperature, store, and transmit it to other nearby sensors and forward data to the next sensor and then to the next sensor send it to the base station. The Packet Delivery Ratio (PDR) value wa used as an indicator to determine the instrument performance and the values were from 89.69% up to 100% with transmission range up to 430 meter and battery endurance was up to 26 hours. The result showed that a buoy moored instrument based on WSN ZigBee radio module protocol has the potential for monitoring coastal water environment in a real time.*

**Keywords:** mooring buoy, wsn, zigbee

**ABSTRAK**

Ketersediaan data secara *real time* dan berkesinambungan sangatlah penting dalam memantau perubahan lingkungan sedini mungkin. *Wireless sensor networks* (WSN) menawarkan paradigma baru dalam bidang oseanografi yang dapat diterapkan untuk pengukuran parameter lingkungan laut menggunakan wahana *buoy* tertambat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem transmisi data pada *buoy* tertambat serta menguji kinerja WSN berbasis modul radio protokol ZigBee untuk pengamatan lingkungan perairan pesisir secara *real time*. Instrumen terbagi menjadi dua: lima buah instrumen sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu permukaan laut, menyimpan lalu mengirim data tersebut ke *base station* dan sebuah instrumen koordinator yang diletakkan pada *base station* berfungsi untuk menerima dan merekam seluruh hasil pengukuran dari masing-masing instrumen sensor. Pengujian dilakukan dengan meletakkan instrumen sensor di perairan dengan kedalaman 2 sampai 5 meter dan sebuah instrumen koordinator terletak di darat sebagai *base station*. Masing-masing instrumen sensor mengukur suhu permukaan laut, menyimpan, dan mentransmisikannya ke sensor lain terdekat dan meneruskan data yang diterima ke sensor berikutnya agar data sampai pada *base station*. Nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai kinerja instrumen dan nilainya menunjukkan angka 89,69% hingga 100% dengan jangkauan transmisi hingga 430 meter serta daya tahan baterai yang mampu mengukur selama 26 jam dapat disimpulkan bahwa instrumen bouy tertambat WSN berbasis modul radio protokol ZigBee berpotensi untuk digunakan dalam pengamatan lingkungan perairan pantai secara kontinu dan *real time*.

**Kata kunci:** mooring buoy, WSN, zigbee

## I. PENDAHULUAN

Ekosistem pesisir yang terdiri estuaria, hutan mangrove, padang lamun dan terumbu karang merupakan ekosistem dengan produktivitas tinggi dan memiliki beragam fungsi (Pigawati, 2005; Bengen, 2009). Tekanan yang tinggi akibat aktivitas manusia menjadikan ekosistem ini sangat rentan terhadap kerusakan (Rositasari *et al.*, 2011). Oleh karena itu diperlukan suatu pemantauan terhadap aspek bio-fisik dari ekosistem tersebut. Secara umum, observasi sumber daya laut melibatkan dua komponen utama, yaitu: penginderaan jarak jauh menggunakan citra satelit dan observasi *in situ*. Metode observasi menggunakan satelit memiliki keterbatasan resolusi spasial dan temporal (Bromage *et al.*, 2007). Kebutuhan data yang akurat dengan resolusi spasial maupun temporal yang tinggi akan membantu para pemangku kepentingan untuk bereaksi cepat dan akurat dalam memutuskan sebuah kebijakan.

Teknologi menggunakan system *buoy* telah berkembang di Indonesia untuk pengukuran berbagai macam parameter fisik oseanografi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bekerja sama dengan OCEANOR Norway, telah mengimplementasikan suatu system pemantauan lingkungan perairan laut yang disebut dengan *SEA-WATCH Indonesia* (Purwanta, 2001). Menurut Purwanta (2002) salah satu permasalahannya dalam aspek teknis pada pusat kendali aspek keandalan (*reliability*) dan masalah penyebaran termasuk pengaturan aksesnya. Masalah keandalan dapat diselesaikan dengan melakukan penggandaan (*redundancy*) perangkat-perangkat yang dianggap kritis, sedangkan masalah penyebaran dapat diselesaikan dengan berbagai pilihan seperti pemanfaatan internet, atau pembuatan jaringan berarea luas secara khusus (*dedicated WAN-Wide Area Network*). Penggunaan *buoy* tertambat di lingkungan pesisir dan lepas pantai diharapkan membantu pemantauan parameter kunci yang penting bagi lingkungan laut. Agar dapat memantau perubahan ling-

kungan sedini mungkin dibutuhkan instrumen yang dapat mengukur secara akurat dengan sistem telemetri yang baik sehingga data dapat ditampilkan secara *real time*.

Sistem telemetri nirkabel menggunakan gelombang elektromagnetik telah banyak berkembang dan digunakan untuk pengiriman data. Dalam konteks ini, *wireless sensor networks* (WSN) menawarkan paradigma baru dalam bidang oseanografi. Aplikasi WSN dengan standar ZigBee pada *Wireless Personal Area Networks* (WPAN) yang diperuntukkan pada layanan data dengan kecepatan rendah dapat diterapkan untuk pengukuran parameter lingkungan laut menggunakan wahana *buoy* tertambat. Pada dasarnya *buoy* merupakan suatu wahana apung yang dapat dilengkapi berbagai macam sensor sehingga mampu menghasilkan data beberapa parameter kelautan. Parameter lingkungan laut yang dipantau melalui *buoy* meliputi tinggi dan periode gelombang, arah dan kecepatan arus, konduktivitas air, oksigen terlarut, kadar keasaman air, kelembaban, pasang surut, dan atenuasi (Oceanor, 1996 dalam Purwanta, 2001). Menurut Ravichandran (2011) kelebihan sistem *buoy* tertambat antara lain: resolusi horisontal bisa diatur sesuai kebutuhan, dapat dipasang di daerah terpencil, informasi kolom perairan dapat diperoleh melalui sistem *sensor mooring*, *sampling time* cepat, kuat, dan relatif murah.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem transmisi data pada *buoy* tertambat serta menguji kinerja *Wireless Sensor Networks* (WSN) berbasis modul radio protokol ZigBee untuk pengamatan lingkungan perairan pesisir secara *real time*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memberikan sumber informasi bagi para pengguna yang membutuhkannya. Rancang bangun instrumen yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi sebuah wahana yang dapat memantau kondisi perairan di wilayah pesisir. Hasil rancang bangun *buoy* ini diharapkan menjadi salah satu rujukan bagi pengembangan pene-

litan buoy di Indonesia yang sejauh ini relatif belum berkembang.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

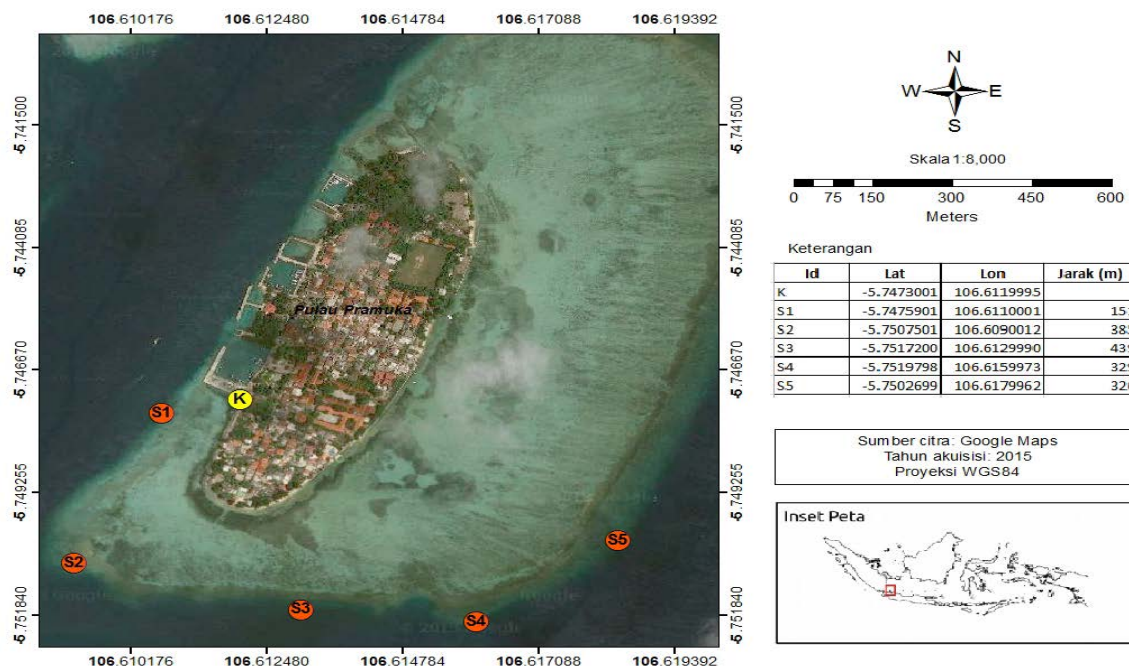
Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 hingga Maret 2015. Perancangan dan pembuatan sistem serta analisis data pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Instrumentasi dan Telemetri Kelautan Bagian Akustik dan Instrumentasi Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Uji kinerja statis dilakukan di taman Rektorat dan lapangan Gimnasium IPB, sedangkan uji kinerja dinamis dilakukan di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta.

Gambar 1 merupakan peta penempatan instrumen sensor dan instrumen koordinator. Lingkaran berwarna merah merupakan instrumen sensor yang berjumlah 5 dengan kode S1, S2, S3, S4 dan S5, sedangkan lingkaran berwarna kuning dengan kode K merupakan instrumen koordinator. Instrumen coordinator diletakkan di daratan sebagai *base*

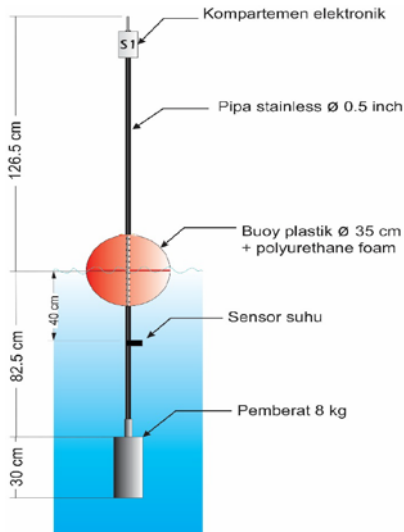
*station*, sedangkan instrumen sensor diletakkan di perairan. Jarak antara instrumen sensor bervariasi berkisar antara 151 hingga 439. Penentuan jarak ditentukan secara acak dengan mempertimbangkan kondisi lapangan atau batimetri perairan.

### 2.2. Wahana Buoy

*Mooring buoy* atau *buoy* tertambat pada prinsipnya adalah sebuah alat yang mengapung di atas permukaan air yang kemudian diikat pada jangkar. Beberapa parameter penting dari sebuah wahana *mooring buoy* adalah kestabilan, keseimbangan, dan kemampuan kembali ke kondisi seimbang (Albaladejo *et al.*, 2012). Desain *buoy* harus memperhitungkan kondisi lingkungan seperti batimetri, gelombang dan pasang surut. *Buoy* yang dibuat ditujukan untuk daerah pesisir dengan dinamika perairan yang relatif dangkal dan terlindungi. *Buoy* juga diharapkan tidak terlalu berat agar memudahkan mobilitasi. Desain *buoy* yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada penelitian Withamana (2013). Gambar 2 merupakan desain *buoy* secara keseluruhan.



Gambar 1. Peta penempatan sensor dan instrumen koordinator.



Gambar 2. Desain wahana *buoy* (Withamana, 2013).

*Buoy* harus dibuat dari bahan-bahan yang bebas dari kontaminasi dan mampu bertahan dari kondisi lingkungan perairan laut. Bahan yang digunakan pada tiang penyangga adalah pipa *stainless steel* 304 dengan diameter 0.5 inci dan tebal 2mm. *Stainless Steel* tipe 304 adalah baja tahan karat tipe *austenitic* yang merupakan paduan besi, 18% Cr, 8.8% Ni dan logam lain dalam jumlah kecil. Baja ini memiliki ketahanan korosi yang baik karena memiliki lapisan krom oksida pada permukaannya (Riszkia dan Harmami, 2015). Bagian pelampung adalah bola plastik dengan diameter 35 cm dengan tebal 5mm lalu kemudian diisi dengan *polyurethane foam*. Penghitungan gaya apung pelampung diperoleh melalui persamaan 1 (IALA, 2013).

$$F_b = V_b \times \rho \times g \dots\dots\dots (1)$$

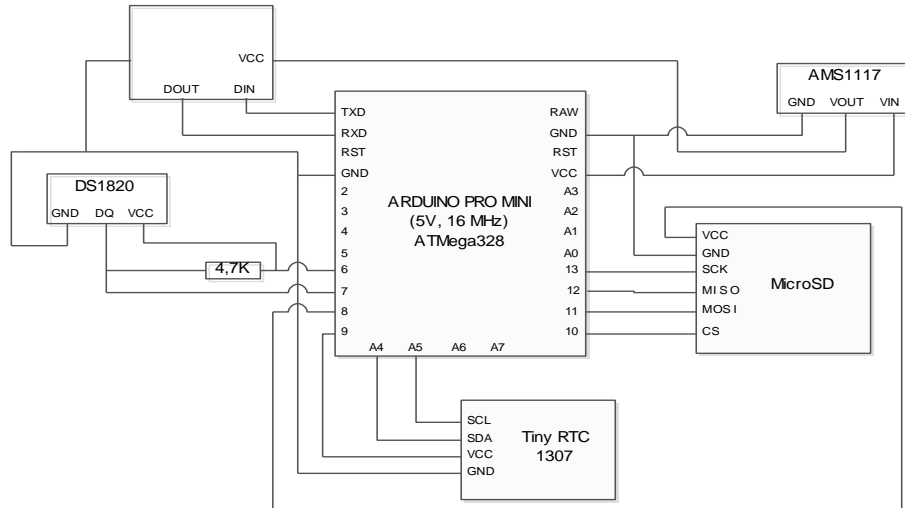
$F_b$  merupakan gaya apung dalam satuan Newton,  $V_b$  merupakan volume wahana apung,  $\rho$  merupakan densitas air laut, dan  $g$  merupakan percepatan gravitasi bumi.

**2.3. Pembuatan Instrumen**

Pembuatan instrumen WSN didasarkan dari hasil pengembangan atau lanjutan rancang bangun Withamana (2013). Dalam pembuatan ini, WSN terdiri dari lima buah

instrumen sensor dan sebuah instrumen koordinator. Pembuatan masing-masing instrumen melalui dua tahap, yaitu pembuatan perangkat keras dan pembuatan perangkat tegar (*firmware*). Komponen elektronik yang digunakan pada instrumen sensor meliputi Arduino Pro Mini 5V 16 Mhz ATmega328, XBee Pro S2, *Micro SD Card* Adapter Catalex, Tiny RTC I2C Modules, DS18B20 Temperature Sensor, Resistor 4.7 K, Regulator 3.3 V AMS1117, dan baterai 5 V 5600 mAH (Gambar 3). Semua komponen elektronik yang digunakan dirangkai pada sebuah papan sirkuit elektronik berukuran 7x6 cm yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak EAGLE 6.5.0. Perangkat keras yang dirancang berbasis mikrokontroler Arduino Pro Mini dengan chip ATmega 328P. Suatu mikrokontroler bekerja berdasarkan perangkat tegar yang telah di unggah dan disimpan dalam memori *flash*. Perangkat tegar dibuat dengan menggunakan perangkat lunak IDE Arduino. Kekurangan dari IDE Arduino dibanding dengan perangkat lunak lain seperti Bascom AVR dan Codevision AVR adalah ukuran file yang dihasilkan IDE Arduino lebih besar dari hasil kompilasi perangkat lunak lainnya (Ardiyanto, 2012). Modul radio yang digunakan adalah XBEE Pro ZB Series 2 yang dihubungkan melalui antarmuka serial UART dengan konfigurasi *baudrate* 9600. Informasi waktu diperoleh dari *Real Time Clock* (RTC) DS1307 melalui antarmuka I2C. Suhu permukaan laut merupakan parameter yang diukur oleh sensor, untuk itu digunakan sensor suhu DS1820 yang menggunakan antarmuka *dallas one wire*. Sensor suhu dikalibrasi dengan termometer untuk mendapatkan nilai pengukuran suhu yang valid. Sensor tersebut memiliki *cassing* yang tahan air sehingga cocok digunakan untuk penelitian ini. Penyimpanan data dilakukan dalam *micro Sdcard* berkapasitas 2GB dengan menggunakan antarmuka *serial peripheral interface* (SPI). Sumber daya menggunakan baterai 5 V 5600 mAH.

Komponen elektronik yang digunakan pada instrumen koordinator meliputi Arduino



Gambar 3. Rancangan elektronik instrumen sensor.

mega 2560, XBee Pro S2, *Micro SD Card* Adapter Catalex, Tiny RTC I2C Modules. Pada Arduino Mega 2560 terdapat empat pasang komunikasi serial yang dapat digunakan yaitu UART0, UART1, UART2 dan UART3. Oleh karena itu arduino mega digunakan untuk instrumen koordinator. Meskipun komunikasi serial dapat dilakukan dengan metode *software serial* yaitu dengan membuka pin digital menjadi pin serial, akan tetapi *software serial* memiliki kemampuan yang terbatas bila dibandingkan dengan *hardware serial* seperti dalam hal kecepatan dan interupsi. UART0 digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat PC sedangkan UART1 digunakan untuk berkomunikasi dengan XBee (Gambar 4). Perangkat tegar merupakan seperangkat instruksi untuk menjalankan mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. Penyusunan bahasa pemrograman dilakukan di *Arduino v1.0.6*. Pengaturan XBEE Pro ZB Series 2 dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *open source* X-CTU versi 6.1.0.

#### 2.4. Packet Delivery Ratio

*Packet delivery ratio* (PDR) merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kinerja instrumen. Indikator tersebut diperoleh dengan membandingkan jumlah data

yang diterima oleh *node* penerima dengan jumlah data yang dikirim suatu *node*. Secara matematis PDR dapat diperoleh melalui persamaan 2. Semakin tinggi nilai PDR maka menunjukkan kinerja instrumen yang semakin baik.

$$PDR = \frac{\sum \text{data diterima}}{\sum \text{data dikirim}} \times 100\%$$

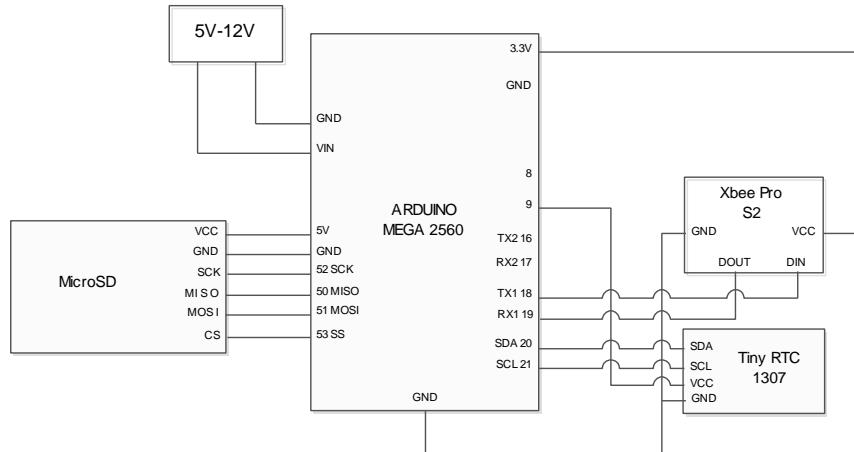
#### 2.5. Received Signal Strength Indicator

*Received Signal Strength Indicator* (RSSI) merupakan ukuran kekuatan sinyal radio yang diterima oleh receiver yang biasanya digunakan untuk mengetahui jarak antara transmitter dan receiver pada suatu WSN. Pengukuran RSSI pada modul XBee dapat dilakukan melalui dua cara yaitu dengan perintah *AT Command* dan mengukur sinyal dari pin 6 pada XBee. Pada penelitian ini nilai RSSI diperoleh dengan menggunakan perintah *AT Command*. Pengukuran ini dilakukan untuk menentukan jarak pemasangan antar sensor node ketika pengujian lapang.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Instrumen

Berdasarkan fungsi dan perannya, instrumen yang dihasilkan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu lima unit instrumen

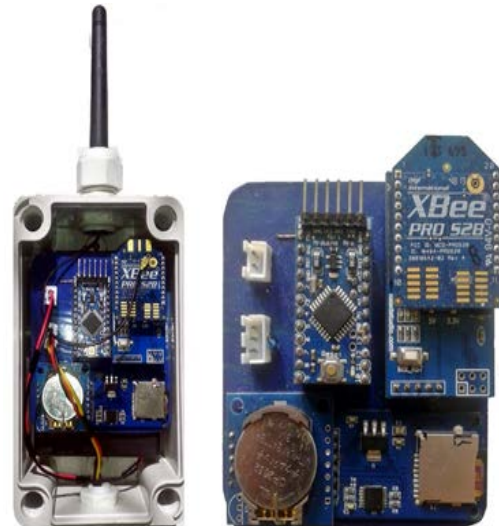


Gambar 4. Rancangan elektronik instrumen koordinator.

sensor dan satu unit instrumen koordinator. Masing-masing instrumen dirancang dalam dua bagian utama, yaitu rancangan perangkat keras (*hardware*) dan rancangan perangkat tegar (*firmware*).

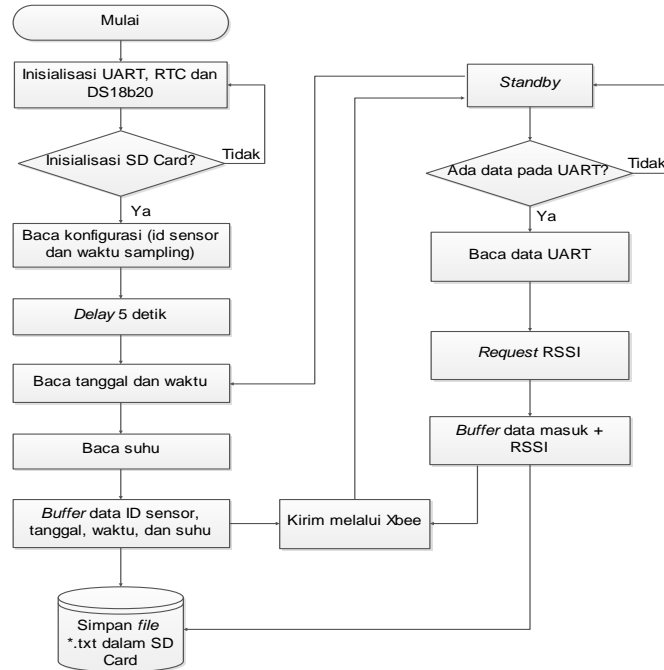
### 3.1.1. Instrumen Sensor

Instrumen sensor berfungsi untuk mengukur suhu permukaan laut, menyimpan data hasil pengukuran tersebut lalu mengirim data tersebut ke instrumen koordinator di *base station*. Komponen elektronik diletakkan dalam sebuah kotak kompartemen yang terbuat dari bahan plastik *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dengan standar proteksi IP68 (Gambar 5). *International 13 Protection* (IP) merupakan standar internasional sebuah kompartemen elektronik. Angka enam pada kode IP68 memiliki arti debu tidak bisa masuk ke dalam kompartemen, sedangkan angka delapan memiliki arti kompartemen ini tidak akan kemasukan air hingga kedalaman satu meter. Dengan standar proteksi ini dipastikan air tidak akan masuk melalui celah penutup karena terdapat segel yang terbuat dari karet sintetis. Lubang untuk antena dan kabel sensor pada bagian bawah juga dilengkapi *cablegland* yang juga memiliki standar IP68. Standar proteksi ini digunakan agar air hujan maupun cipratan air laut tidak masuk dan merusak komponen elektronik (Withmana, 2013).



Gambar 5. Perangkat instrumen sensor.

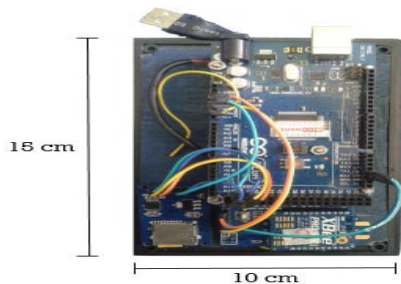
Instrumen sensor bekerja berdasarkan diagram alir pada Gambar 6. Terdapat dua protokol komunikasi serial XBee, yaitu mode transparan (AT) dan *Application Programming Interface* (API). Mode AT merupakan komunikasi yang lebih sederhana dari mode API. Bila pada mode API data yang akan dikirim harus dijadikan dalam satu paket pengiriman yang terdiri dari header, address, data dan checksum maka pada mode AT hal tersebut tidak perlu dilakukan. Mode AT memiliki kelemahan yaitu keberhasilan pengiriman sebuah paket data tidak dapat diketahui. Oleh karena itu mode yang digunakan pada penelitian ini adalah mode API.



Gambar 6. Diagram alir perangkat tegar instrumen sensor.

### 3.1.2. Instrumen Koordinator

Instrumen koordinator berfungsi menerima data dari instrumen sensor untuk disimpan dan ditampilkan melalui komputer (Gambar 7). Instrumen ini berada di darat sebagai *base station*. Pada Arduino Mega 2560 terdapat empat pasang komunikasi serial yang dapat digunakan yaitu UART0, UART1, UART2 dan UART3. Oleh karena itu arduino mega digunakan untuk instrumen koordinator. UART0 digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat PC sedangkan UART1 digunakan untuk berkomunikasi dengan XBee. Instrumen koordinator bekerja sesuai dengan perangkat tegar yang di unggah (Gambar 8). Ketika dinyalakan

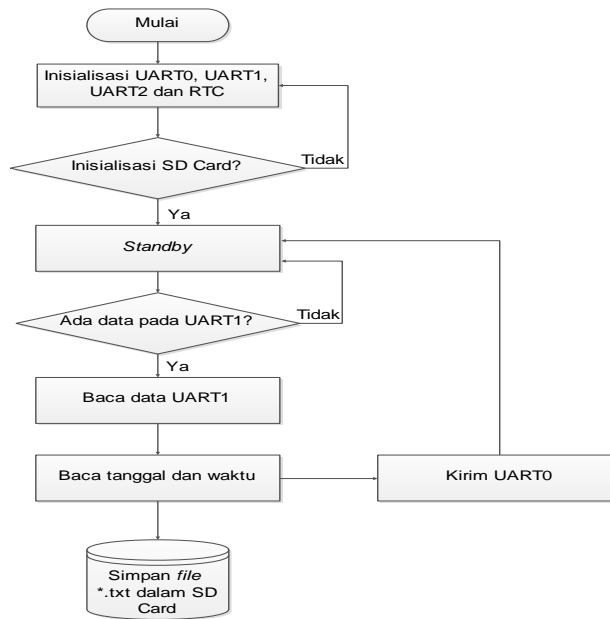


Gambar 7. Perangkat instrumen koordinator.

mikrokontroler akan menginisialisasi UART0, UART1, UART2 dan RTC. Konfigurasi semua UART yang digunakan sama yaitu transfer data 9600, data bit=8, stop bit=1, dan parity bit=none. Berbeda dengan instrumen sensor, instrumen koordinator tidak melakukan pengukuran suhu. Setelah berhasil menginisialisasi *SD card* mikrokontroler akan masuk ke mode *standby* untuk membaca setiap data yang masuk. Setiap data yang masuk akan disesuaikan dengan format data, apabila format data sesuai mikrokontroler akan membaca tanggal dan waktu pada RTC yang akan dijadikan waktu data diterima. Data yang diterima dan waktu penerimaan dibuffer untuk kemudian disimpan dalam *SD card*. Data tersebut juga dapat ditampilkan pada PC bila dibutuhkan.

### 3.2. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Pengukuran RSSI dilakukan untuk menentukan jarak pemasangan antar sensor ketika pengujian lapang. Peletakan sensor harus berada pada jarak maksimum transmisi radio masih berhasil dilakukan. Plot hasil pe-



Gambar 8. Diagram alir perangkat tegar instrumen koordinator.

ngukuran RSSI berdasarkan jarak (Gambar 9) memperlihatkan terjadi perubahan nilai RSSI secara linier. Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai sinyal radio pada jarak 425 m sebesar -97 dBm yang berarti sangat lemah. Meskipun nilai RSSI sangat lemah, data masih dapat diterima dengan baik. Uji regresi linier dilakukan untuk mengetahui hubungan antara jarak dan RSSI. Berdasarkan persamaan regresi linier, didapatkan persamaan 2

$$RSSI = -0.0851 \times Jarak - 66.846.$$

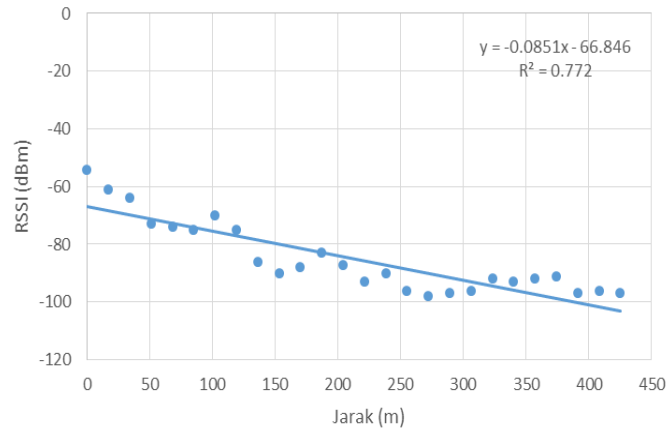
Persamaan ini bisa diinterpretasikan bahwa, dalam peningkatan jarak sebanyak 1 meter, akan meningkatkan RSSI sebanyak -0.0851. Pengujian modul radio XBEE di lapangan dilakukan pada ambang batas kemampuan modul radio tersebut untuk mengetahui performa di kondisi paling buruk. Oleh karena itu, berdasarkan pengujian RSSI ini jarak pemasangan antar sensor maksimal adalah 425 m.

### 3.3. Uji Kinerja Jaringan

Uji kinerja jaringan dilakukan untuk melihat kinerja instrumen. Lima buah instrumen sensor masing-masing di letakkan di

perairan dengan kedalaman 2 sampai 5 meter, sedangkan sebuah instrumen koordinator terletak di darat sebagai *base station*. Setiap instrumen sensor bertugas untuk mengukur suhu permukaan laut, menyimpan, dan mentransmisikannya ke sensor lain terdekat menuju koordinator. Selain itu, tiap sensor juga berperan meneruskan data yang diterima ke sensor berikutnya agar data sampai pada koordinator. Tabel 1 menunjukkan bahwa ada data yang tidak sampai koordinator, yaitu pada S5, S4, dan S3. Kegagalan pengiriman data terjadi pada komunikasi antara S3 dan S2. Hal ini disebabkan karena jaraknya yang mencapai 439 m. Berdasarkan pengujian RSSI jarak pemasangan antar sensor maksimal adalah 425 m. Namun pada pengujian jaringan sensor S2 dan S3 ditempatkan pada jarak yg lebih dari 425 m yaitu 439 m. Jarak ini masih bisa ditingkatkan ketika pengujian lapang melihat kondisi lokasi yang terbuka. Hal ini bertujuan melihat kemungkinan pengiriman data pada jarak yang lebih jauh mengingat kondisi pada pengujian lapang lebih terbuka. Jarak yang jauh menyebabkan pelemahan sinyal yang diterima. Menurut Amini (2012) radio XBee Pro dengan menggunakan





Gambar 9. Nilai RSSI terhadap perubahan jarak.

Tabel 1. Persentase keberhasilan pengiriman data.

| Sensor   | Jumlah data tersimpan | Jumlah data terkirim | Persentase keberhasilan (%) | Persentase kegagalan (%) | Rerata RSSI (dBm) |
|----------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Sensor 1 | 96                    | 96                   | 100                         | 0                        | -90,78            |
| Sensor 2 | 96                    | 96                   | 100                         | 0                        | -92,35            |
| Sensor 3 | 97                    | 87                   | 89,69                       | 10,31                    | -85,84            |
| Sensor 4 | 96                    | 91                   | 94,79                       | 5,21                     | -90,78            |
| Sensor 5 | 97                    | 89                   | 91,75                       | 8,25                     | -                 |

antena dipole memiliki jangkauan maksimum hingga 1335 m. Pada penelitian ini kegagalan pengiriman data sudah terjadi pada jarak 439 m. Hal ini disebabkan karena posisi antenna hanya 1.25 m di atas permukaan laut. Transmisi radio membutuhkan sebuah jalur kosong yang dibutuhkan oleh dua buah antenna untuk saling berkomunikasi yang dinamakan *line of sight* (Carr, 2001).

### 3.4. Suhu Permukaan Laut

Grafik suhu permukaan laut pada masing-masing lokasi pengukuran (Gambar 10) menunjukkan suhu yang relatif seragam pada kisaran 30 sampai 30.5°C. Namun terjadi perbedaan suhu pada S3 dan S4 pada pukul 20.00 sampai 03.00 dan 09.30 sampai 14.45 yang menunjukkan adanya kenaikan suhu sebesar 1.5°C. Kondisi tersebut merupakan kondisi perairan ketika pasang. Kenaikan tinggi muka laut ini menyebabkan proses pengadukan terjadi tidak sampai dasar

perairan sehingga suhu perairan lebih tinggi. Selain itu diantara S3 dan S4 terdapat celah yang merupakan lintasan atau tempat keluar masuknya air ke daerah ke atau dari pantai, sehingga pada kondisi tersebut memperoleh massa air hangat dari dekat pantai. Perairan Pulau Pramuka memiliki tipe pasut campuran dominan tunggal (Adityayuda, 2012).

## IV. KESIMPULAN

Nilai PDR dari hasil uji kinerja sistem transmisi data pada *buoy* tertambat berbasis WSN dengan protokol ZigBee mempunyai nilai 89,69% hingga 100%. Hal tersebut menunjukkan instrumen memiliki kinerja yang sangat baik. Instrumen *buoy* tertambat WSN berbasis modul radio protokol ZigBee berpotensi untuk pengamatan lingkungan perairan pesisir secara *real-time*. Kegagalan pengiriman dapat disebabkan karena keterbatasan jangkauan trasmitter, selain itu keterbatasan



Gambar 10. Grafik suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) permukaan laut hasil pengukuran instrumen sensor.

jangkauan transmiter dihindari dengan meninggikan posisi instrumen. Daya tahan baterai dari instrumen tersebut mampu mengukur selama 26 jam. Dalam pengembangan instrumen ini sebaiknya dilengkapi dengan solar cell agar dapat mengirimkan data secara *real-time* dengan jangka waktu yang lama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adityayuda, A. 2012. Pengukuran faktor koreksi jarak pada instrumen motiwali. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 54hlm.
- Albaladejo, C., F. Soto, R. Torres, P. Sanchez, dan J.A. Lopes. 2012. A Low-cost sensor buoy system for monitoring shallow marine environments. *Sensors*.12:9613-9634.
- Amini, N. 2012. Transmission power management for wireless health applications. Dissertation. Doctor of Philosophy in Computer Science. University of California. 154p.
- Ardiyanto, L., dan R. Sumiharto. 2012. Implementasi jaringan sensor nirkabel berbasis XBee studi kasus pemantauan suhu dan kelembaban. *IJEIS*, 2(2): 119-130.
- Bengen, D.G. 2009. Ekosistem dan sumberdaya pesisir dan laut serta pengelolaan secara terpadu dan berkelanjutan. Prosiding pelatihan pengelolaan wilayah pesisir terpadu. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/24548>. [28 April 2015].
- Bromage, M., K. Obraczka, D. Potts. 2007. SEA-LABS: a wireless sensor network for sustained monitoring of coral reefs. 6<sup>th</sup> International IFIP-TC6 networking conference, 2007 Mei 14-18. Atlanta. USA. Jerman. Springer Berlin Heidelberg. Hlm.:1132-1135.
- Carr, J.J. 2001. Practical antenna handbook. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill. United States of America. 609p.
- IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities). 2013. Hydrostatic design of buoys edition 1. *IALAAISM Guidelines*.1099:1-25.
- Pigawati, B. 2005. Identifikasi potensi dan pemetaan sumberdaya pesisir Pulau-pulau kecil dan laut Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau. *Ilmu Kelautan*, 10(4):229-236.
- Purwanta, W. 2001. Merancang sistem *buoy* dan *sensor* sebagai perangkat pemantauan lingkungan perairan yang murah handal dan mandiri. *J. Teknologi Lingkungan*, 2(3):287-295.
- Purwanta, W. 2002. Pengembangan dan pemberlanjutan Teknologi Pemantauan Lingkungan Perairan Laut (*Sea-watch Indonesia*). *J. Teknologi Lingkungan*, 3(3):237-241.

- Ravichandran M. 2011. In-situ ocean observing system. In schiller a dan brassington GB. Operational oceanography in the 21<sup>st</sup> century. Chapter 3. Springer. New York. Hlm.:55-90.
- Riszki, T.I. and Harmami. 2015. Pengaruh suhu terhadap kualitas *coating* (pelapisan) *stainless steel* Tipe 304 dengan kitanan secara elektroforesis. *J. Sains dan Seni*, 4(1):2337-3520.
- Rositasari, R., W.B. Setiawan, I.H. Supriadi, Hasanuddin, dan B. Prayuda. 2011. Kajian dan prediksi kerentanan pesisir terhadap perubahan iklim: studi kasus di Pesisir Cirebon. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(1):52-64.
- Withamana, A. 2013. Rancang Bangun dan uji coba instrumen sistem buoy menggunakan A-WSN protokol Zigbee di Perairan Pesisir. Tesis. Program Studi Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 31hlm.

*Diterima* : 1 Juli 2015

*Direview* : 24 Desember 2015

*Disetujui* : 2 Februari 2016

