

# PROTOTIPE PENDETEKSI BENCANA LONGSOR DAN KEKERINGAN PERTANIAN BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) MENGGUNAKAN RADIO FREQUENCY (RF) DENGAN TOPOLOGI STAR

*PROTOTYPE OF LANDSLIDES AND AGRICULTURAL DRYNESS DETECTION BASED WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) USING RADIO FREQUENCY (RF) WITH STAR TOPOLOGY*

Riski Fitriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana – BPPT  
Gedung 820, Geostech, Puspittek, Tangerang Selatan 15314  
e-mail: [riski.fitriani@bppt.go.id](mailto:riski.fitriani@bppt.go.id)

## ABSTRACT

*In Indonesia, the frequency of climate and weather disaster (hydrometeorological disaster) continues to increase. It is a factor to need for technology to minimize loss of life, loss of property and environment. Therefore a prototype was designed to detect landslides and agricultural dryness based on Wireless Sensor Network (WSN) where data can be sent to the data center using radio frequency (RF). WSN consists of several sensor nodes/end devices which communicate with each other wirelessly to sent data to the coordinator. End device function is to detect the slope and soil moisture. The hardware used is Arduino Mega, Xbee S3B 900 MHz, Real Time Clock (RTC) DS3231, buzzer, accelerometer sensor and soil moisture sensor. Prototype is low budget and able to detect landslides by measuring land slope which has an error rate of 10.7% and is able to detect agricultural dryness by measuring soil moisture which has an error rate of 3.4%.*

*Keyword:* hydrometeorological disaster, WSN, RF, Arduino, star topology

## ABSTRAK

Frekuensi kejadian bencana terkait iklim dan cuaca (bencana hidrometeorologi) di Indonesia terus meningkat. Hal itu menjadi faktor perlunya teknologi untuk meminimalkan korban jiwa, kerugian harta benda, dan lingkungan. Oleh karena itu dirancang prototipe untuk mendekripsi bencana longsor dan kekeringan pertanian berbasis Wireless Sensor Network (WSN) dimana data-data lapangan dapat terhubung ke data center menggunakan Radio Frequency (RF). WSN terdiri dari beberapa *sensor node/end device* yang saling berkomunikasi tanpa kabel untuk melakukan pengiriman data ke *coordinator*. *End device* yang akan dibuat berfungsi untuk mendekripsi kemiringan dan kelembaban tanah. Perangkat keras yang digunakan yaitu Arduino mega, Xbee S3B 900 MHz, Real Time Clock (RTC) DS3231, *buzzer*, sensor akselerometer dan sensor kelembaban tanah. Prototipe yang dibuat *low budget* dan mampu mendekripsi bencana longsor dengan pengukuran kemiringan tanah yang memiliki tingkat kesalahan 10,7% serta mampu mendekripsi bencana kekeringan pertanian dengan mengukur kelembaban tanah yang memiliki tingkat kesalahan 3,4%.

Kata kunci: bencana hidrometeorologi, WSN, RF, Arduino, topologi star

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut data Informasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tahun 2018, sebanyak 98% bencana di Indonesia disebabkan faktor hidrometeorologi. Bencana

yang disebabkan oleh faktor hidrometeorologi mencakup banjir, tanah longsor, gelombang pasang/abrasi, puting beliung, kebakaran hutan dan lahan serta kekeringan. Bencana ini yang paling mematikan, menyebabkan banyak korban jiwa dan harta benda. Dalam rangka meminimalkan kerugian dan korban jiwa perlu dilakukan berbagai upaya, salah satunya

adalah melakukan terobosan teknologi dengan mengkaji dan menerapkan alat peringatan bencana hidrometeorologi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat yang terancam bencana.

Pada penelitian ini, bencana hidrometeorologi yang dicakup hanya 2 yaitu bencana longsor dan kekeringan pertanian. Prototipe ini terdiri dari 1 *coordinator* atau induk yang terhubung ke *data center* dan 2 *end device* atau anak yang dapat berkomunikasi menggunakan radio frekuensi (RF). Dengan menggunakan komunikasi radio, biaya dapat diminimalisir karena tidak memerlukan biaya tambahan seperti menggunakan GSM atau satelit. Sensor yang digunakan adalah sensor pendekripsi kemiringan tanah dan sensor pendekripsi kekeringan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan, diantaranya: Ramesh (2014) dari India dalam jurnal internasional berjudul "*Design, Development, and Deployment of a Wireless Sensor Network for Detection of Landslides*", telah melakukan perancangan dan pengembangan sistem deteksi bencana longsor menggunakan WSN. *Wireless network* yang digunakan menggunakan Wi-fi *network* dan jaringan satelit.

Barroca et al. (2013) juga mengembangkan tentang WSN untuk pemantauan suhu dan kelembaban pada struktur beton. Penelitian ini sangat berguna di dunia *civil engineering structure* untuk menentukan kualitas dari beton suatu bangunan atau jembatan. WSN yang

digunakan menggunakan radio frekuensi (RF) dengan protokol IEEE.802.15.4.

Selain itu Haryanti & Kusumaningrum (2008) juga melakukan penelitian tentang sudut kemiringan dengan judul "Aplikasi Accelerometer 3 Axis untuk Mengukur Sudut Kemiringan (Tilt) Engineering Model Satelit di atas Air Bearing".

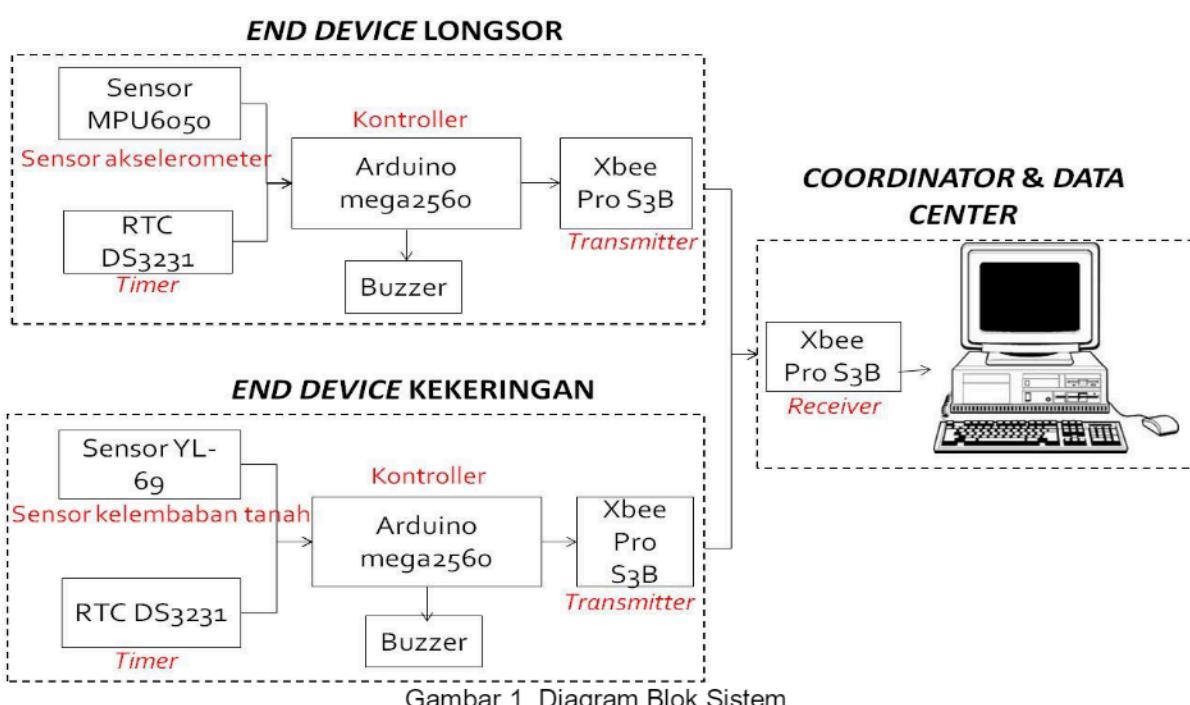
## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe deteksi bencana longsor dan kekeringan berbasis WSN menggunakan gelombang radio dengan topologi star. Dari prototipe ini diperoleh data kemiringan dan data kelembaban tanah. Sehingga prototipe ini mampu memberikan informasi ke masyarakat dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana longsor dan kekeringan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Sistem prototipe pendekripsi bencana longsor dan kekeringan pertanian berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN menggabungkan komunikasi nirkabel, komputasi, dan sensor dalam perangkat *embedded*, mengintegrasikan lingkungan fisik dalam dunia komputasi (Firdaus, 2014). Secara keseluruhan, sistem yang dibangun dapat digambarkan dalam diagram blok seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Penjelasan diagram blok tersebut sebagai berikut:

### 1. End device longsor

Berfungsi untuk mendekripsi kemiringan tanah sebagai indikasi bahaya longsor yang diperoleh dari data sensor MPU6050. Besar sudut yang terbaca beserta waktu pembacaan data akan dikirimkan Arduino ke *coordinator* menggunakan media komunikasi Xbee *transmitter*. Sudut kemiringan yang diambil hanya berasal dari satu sumbu yaitu sumbu Z karena memiliki nilai paling mendekati dengan nilai sesungguhnya jika dibandingkan dengan kalibrator. Kriteria ideal *threshold* kemiringan tanah yaitu  $\geq 5^\circ$ , namun *threshold* untuk menyalakan *buzzer* dalam sistem ini akan menyesuaikan kemampuan dari sensor yang digunakan.

### 2. End device kekeringan

Berfungsi untuk mendekripsi kekeringan tanah sebagai indikasi bahaya kekeringan pertanian yang diperoleh dari data sensor YL-96. Besar kelembaban tanah yang terbaca beserta waktu pembacaan data akan dikirimkan Arduino ke *coordinator* menggunakan media komunikasi Xbee *transmitter*. Jika nilai kelembaban tanah  $\leq 30\%$  maka akan membunyikan *buzzer*.

### 3. Coordinator & Data center

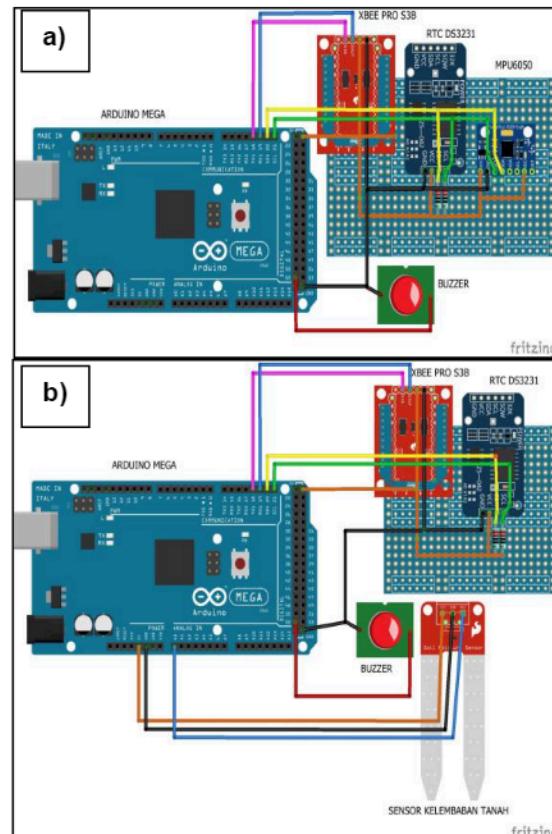
*Coordinator* hanya terdiri dari Xbee *receiver* untuk menerima data dari *end device* dan PC. *Interface* di *data center* menggunakan software Delphi dan bahasa pemrograman Pascal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muslim (2015) juga terdiri dari dua *end device* dan *coordinator*. *End device* memiliki fungsi sebagai perangkat yang melakukan fungsi *sensing* dan memiliki kemampuan untuk *sleep*, sehingga mampu menghemat daya yang digunakan pada sistem yang akan dibangun.

## 2.2 Perancangan Perangkat Keras

Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino mega2560 dengan radio frekuensi (RF) sebagai pengirim data. Modul komunikasi radio yang digunakan menggunakan Xbee Pro S3B yang diproduksi oleh *Digi International* dengan frekuensi 915 MHz. Modul ini memiliki *transfer rate maximum* 40 Kbps. Komponen-komponen akan terhubung ke pin I/O Arduino dengan komunikasi yang berbeda-beda. Xbee terhubung ke Arduino menggunakan komunikasi serial, sensor MPU6050 dan RTC DS3231 menggunakan komunikasi I2C, sensor YL-96 dan *buzzer* sebagai analog dan digital *input*. Topologi jaringan yang digunakan adalah topologi star, dimana terdapat

beberapa *end device* yang mengirimkan data langsung ke *coordinator*. Gambar 2 menunjukkan perancangan layout *end device* longsor dan *end device* kekeringan.

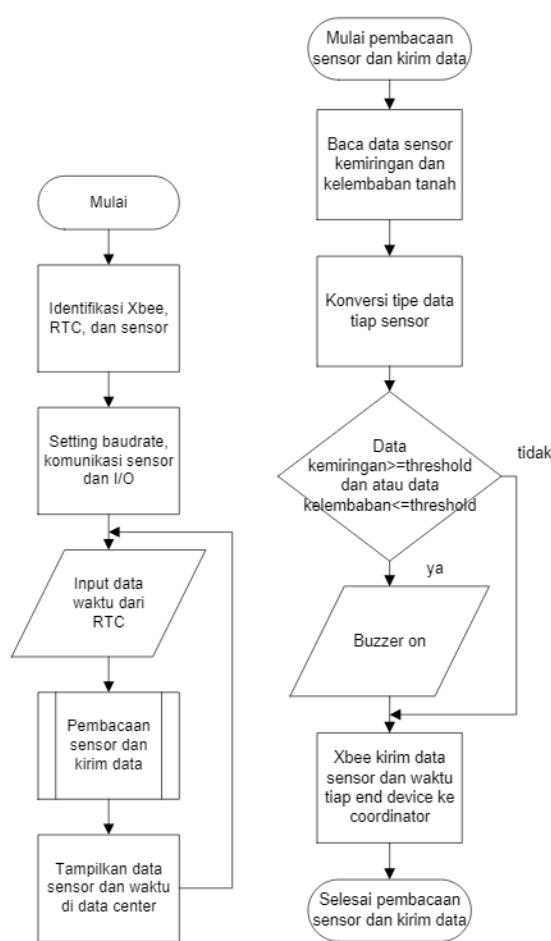


Gambar 2. Layout End Device Longsor (a) dan Kekeringan (b)

## 2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak berisi diagram alir program yang akan dibuat menggunakan IDE Arduino. Terdapat dua diagram alir program yang terdiri dari program utama dan sub program, dapat dilihat di Gambar 3.

Diagram alir tersebut menunjukkan proses pembacaan dan pengiriman data 2 buah *end device* ke *coordinator*. Jika data kemiringan  $>= \text{threshold}$  dan kelembaban tanah  $\leq \text{threshold}$  yang ditetapkan maka akan menyalakan alarm/*buzzer* yang terdapat di *end device*. Sebelum memulai pembacaan data, dilakukan identifikasi Xbee, RTC dan sensor-sensor. Kemudian mengatur *baudrate*, komunikasi dan konfigurasi pin *input/output* sensor. Selanjutnya sistem akan melakukan sub program *looping*.



Gambar 3. Diagram Alir Program Utama dan Sub Program

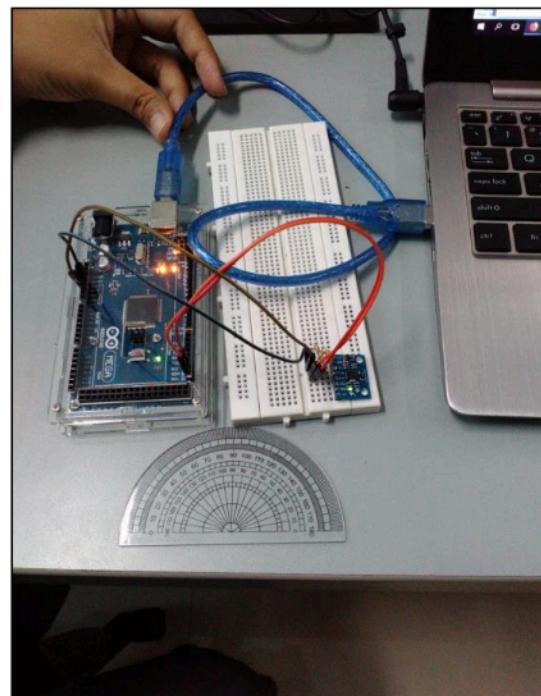
Sub program *looping* terdiri dari program untuk pembacaan sensor dan kirim data. Data yang diperoleh dari sensor masih merupakan data ADC yang perlu dilakukan konversi nilai dan tipe data sesuai yang dibutuhkan. Data yang sudah dikonversi, dimasukkan ke dalam paket pengiriman XBee untuk diteruskan ke *coordinator*. Begitu juga dengan waktu, dimasukkan dalam paket XBee dan dikirim ke *coordinator*. Waktu dan data sensor akan tampil di *data center*.

### III. HASIL & PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sudut Kemiringan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai pembanding antara data ADC (*Analog to Digital Converter*) dari sensor dengan besar sudut yang dihasilkan, yang akan dirumuskan dalam persamaan regresi linier. Regresi linier sederhana merupakan metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab-akibat antara

variabel faktor penyebab (X) terhadap variabel akibat (Y). Rangkaian pengujian sensor kemiringan dapat dilihat di Gambar 4 dengan mengacu sambungan sensor dan Arduino mega seperti pada Gambar 2.



Gambar 4. Rangkaian Pengujian Kemiringan

Rangkaian terdiri dari sensor akselerometer MPU6050 yang terhubung menggunakan pin I<sup>2</sup>C pada Arduino mega. Sensor ini merupakan sensor yang *compatible* dengan Arduino sehingga mudah dalam pemrograman. Pemrograman pada Arduino menggunakan library MPU6050.h sehingga lebih mudah dengan mengeluarkan beberapa fungsi yang akan digunakan. Sensor ini mengeluarkan data mentah akselerometer yang selanjutnya dicari nilai koefisien regresi dan konstanta, seperti sepenggal *script* program berikut.

```

Vector rawAccel = 
mpu.readRawAccel();
zAxis = rawAccel.ZAxis;
zAxis = zAxis * ZGain;
zAxis = zAxis + ZOffset;

```

Terdapat tiga sumbu pada sensor akselerometer yaitu sumbu X, Y dan Z, namun hanya ada satu sumbu yang digunakan sebagai informasi kemiringan. *Gain* dan *offset* berfungsi sebagai koefisien regresi dan konstanta seperti yang ada dalam persamaan regresi berikut.

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dimana :

$Y$  = Variabel Response atau Variabel Akibat (*Dependent*)

$X$  = Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (*Independent*)

$a$  = Konstanta

$b$  = Koefisien regresi (kemiringan); besaran *Response* yang ditimbulkan oleh *Predictor*.

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2)$$

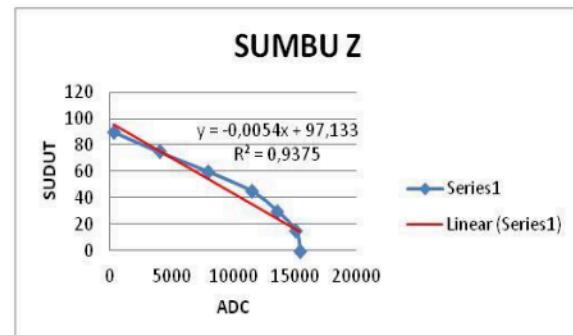
$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (3)$$

Dengan membuat nilai awal *offset/a* dan *gain/b* dengan nilai 0 dan 1 maka diperoleh besar ADC yang berubah setiap perubahan sudut. Prosedur pengujinya yaitu dengan memiringkan sensor sesuai sumbu Z dari  $0^\circ$  -  $90^\circ$  dengan interval  $15^\circ$ . Diambil 15 data dan dicari nilai rata-rata dari beberapa data tersebut. Data hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Kalibrasi Sudut Kemiringan Terhadap Data ADC pada Sumbu Z

NO	SUDUT						
	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$
1	15504	15056	13704	11624	7988	4540	228
2	15524	15052	13524	11564	7932	4256	424
3	15508	15232	13112	11476	7944	3956	392
4	15360	15408	13668	11528	7972	4008	368
5	15432	14928	13700	11436	7888	4024	356
6	15396	15004	13612	11580	7840	4048	248
7	15424	15080	13188	11552	7984	4056	260
8	15436	15360	13396	11592	7952	3976	204
9	15448	15044	13596	11556	7952	3988	340
10	15340	15204	13728	11464	7972	3688	328
11	15516	15004	13776	11484	8096	3808	356
12	15388	14996	13704	11568	7996	3680	100
13	15480	15036	13576	11524	7884	3748	416
14	15432	15124	13596	11516	7800	3768	444
15	-1844	-2056	-2404	-2596	-3000	-3012	-3344
Rat	-	-	-	-	-2973,6	-	-3412
a2	1825,9	2054,7	2458,7	2613,3	-	3012,8	-
Std ev	56,7	137,5	199,1	57,8	111,9	227,6	100,7

Dari data tersebut diperoleh grafik regresi linier beserta persamaannya yang dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Regresi Linier pada Sumbu Z

Dari persamaan regresi diperoleh nilai *gain* dan *offset* masing-masing sumbu. Nilai tersebut dijadikan acuan dalam membuat persamaan dalam program *setting* awal Arduino sebagai berikut:

```
float ZGain = -0.0054;
float ZOffset = 97.133;
```

Kemiringan sudut dari sumbu Z ini memiliki nilai paling mendekati sesungguhnya dan nilai yang dihasilkan cenderung stabil. Hasil pengujian sudut dari sensor dibandingkan dengan sudut dari busur agar mengetahui tingkat keakuratan data. Hasil tersebut dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Sudut Hasil Pembacaan Sensor dengan Pembacaan Busur

No	Data Busur (°)	Data Sensor (°)	% Error
1	0	11	~
2	5	11	120
3	10	11	10
4	11	11	0
5	12	12	0
6	13	13	0
7	15	14	6,67
8	20	19	5
9	30	28	6,67
10	40	37	7,5

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{data busur}-\text{data sensor}|}{\text{data busur}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Rata-rata kesalahan} = \frac{\text{total \% error}}{\text{total pengujian}} \times 100\% \quad (5)$$

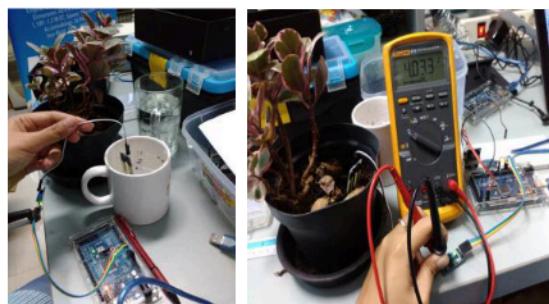
Data pertama bernilai tak hingga karena memiliki pembagi nol (0), sehingga data tidak digunakan dalam perhitungan rata-rata kesalahan. Dilihat dari data tersebut, sensor memiliki kekurangan yaitu tidak bisa membaca data  $<11^\circ$ . Oleh karena itu, jumlah data untuk mengukur rata-rata kesalahan dimulai dari  $11^\circ$ . Rata-rata kesalahan dari sensor

MPU6050 jika pembacaan dimulai dari  $11^\circ$  dari data pengujian (7 data) sebesar 2,9%. Dari kekurangan sensor tersebut, maka *threshold* untuk menyalakan *buzzer* dinaikkan sebesar  $\geq 13^\circ$  menyesuaikan sensor yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini menjadi jauh dari kriteria ideal *threshold* kemiringan tanah sebesar  $\geq 5^\circ$ .

### 3.2 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai pembanding antara data ADC (*Analog to Digital Converter*) dari sensor dengan besar persentase kelembaban tanah yang dihasilkan dan akan dirumuskan dalam persamaan regresi linier. Rangkaian yang digunakan bisa dilihat di Gambar 6 dengan mengacu sambungan sensor dan Arduino mega seperti pada Gambar 2.

Pengujian menggunakan Arduino mega dan sensor analog kelembaban tanah. Sensor tersebut terkoneksi ke pin analog Arduino. Percobaan kelembaban dilakukan menggunakan pot bunga dari kondisi kering (0%) hingga basah dengan penambahan air dan dicelupkan ke gelas berisi penuh air untuk kondisi basah sempurna (100%). Dalam pengujian tersebut juga dilakukan pengukuran nilai tegangan yang terbaca menggunakan multimeter, hasil pengujinya dapat dilihat di Tabel 3.



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

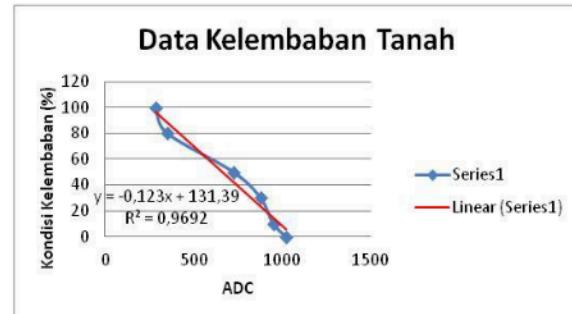
Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

No	Persentase (%)	Tegangan (volt)	Data ADC
1	0	4,9	1023
2	10	4,6	952
3	30	4,2	880
4	50	3,4	725
5	80	2,1	350
6	100	1,6	284

Dari data percobaan maka diperoleh grafik persamaan linier dan persamaan regresinya sesuai Gambar 7. Dari persamaan regresi

linier diperoleh nilai *gain* dan *offset* untuk dimasukkan ke dalam *script* program Arduino sebagai berikut:

```
float offsetSoil = 131.39;
float GainSoil = -0.12;
```



Gambar 7. Grafik Regresi Linier Sensor Kelembaban Tanah

Untuk mengetahui tingkat keakuratan data dari sensor yang digunakan, perlu dilakukan kalibrasi dengan alat/sensor yang lain. Kalibrator yang akan digunakan yaitu *soil moisture sensor* dari *Davis Instruments* lengkap dengan *logger* untuk pembacaan datanya. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang terbaca dari sensor yang digunakan dan sensor kalibrator yang perlahan diberi air. Data hasil perbandingan dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengujian 2 Sensor Kelembaban Tanah

No	Sensor yang digunakan (%)	Sensor pembanding (%)	% Error
1	0	0	0
2	25	27	7,41
3	40	42	4,76
4	75	79	5,06
5	100	100	0

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus (4) dan (5) maka diperoleh nilai rata-rata kesalahan sensor sebesar 3,4%. Sensor ini cukup akurat untuk digunakan sebagai pendekripsi kekeringan.

### 3.3 Pengujian Jangkauan Sinyal Xbee

Sebelum dilakukan pengujian jangkauan sinyal, ada beberapa poin penting yang diperhatikan dalam pengaturan Xbee menggunakan X-CTU diantaranya: *Network ID*, *Routing/messaging mode*, *Serial number Xbee*, *Baudrate* dan *API Enable*. *Network ID* merupakan *code ID* yang menjadi identitas dalam berkomunikasi dalam 1 jaringan dengan Xbee yang lain. ID bebas diatur seberapa pun

nilainya oleh pengguna. Xbee akan saling berkomunikasi jika memiliki ID yang sama. Sehingga ID ini yang membatasi jaringan dan data yang masuk hanya berasal dari Xbee yang memiliki ID sama.

Selanjutnya dilakukan pengujian jangkauan sinyal menggunakan 2 Xbee seperti terlihat di Gambar 8. Pengujian dilakukan dengan cara menjauhkan jangkauan antar 2 Xbee dimana 1 Xbee terhubung ke PC dan terkoneksi ke X-CTU. Pengujian dilakukan hanya untuk kondisi *indoor*. Menurut Novianti dan Santosa (2013) pada penelitiannya, hasil pengukuran nilai RSSI di *indoor* lebih baik dibandingkan di *outdoor* disebabkan adanya pengaruh *multipath* dan *fading* yang banyak terjadi di *indoor*. Kondisi *indoor* di sini merupakan kondisi yang terhalang beton/dinding karena berbeda ruangan dan bisa juga berbeda lantai sehingga bukan pada kondisi LoS (*Line of Sight*).



Gambar 8. Pengujian Jangkauan Sinyal Xbee

Yang diukur dari pengujian yaitu nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) yang terbaca di X-CTU. RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat *wireless*. Nilai RSSI yang dihasilkan menunjukkan kualitas jangkauan sinyal, dapat dilihat di Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kekuatan Jangkauan Sinyal Xbee

Jarak (cm)	RSSI Remote (dBm)	Kualitas Sinyal
50	-40	Excellent
100	-45	Excellent
150	-40	Excellent
200	-40	Excellent
250	-43	Excellent
300	-52	Excellent
350	-47	Excellent

400	-63	Excellent
500	-64	Excellent
600	-75	Good

Pengujian dilakukan hanya sampai 600 cm karena sesuai *datasheet* Xbee Pro S3B 900MHz, jangkauan maksimal area *indoor* mencapai 610 cm. Sedangkan jangkauan *outdoor* mencapai 14 km. Dari hasil percobaan diperoleh nilai RSSI yang sangat bagus karena semua data >-70 dBm, namun untuk jarak 50 cm terdapat *packets lost* karena terlalu dekat. Pada jarak 600 cm, kualitas sinyal menurun dari *excellent* menjadi *good*.

### 3.4 Pengujian End Device Longsor

*End device* longsor terdiri dari Arduino mega, Xbee, sensor MPU6050, RTC DS3231 dan *buzzer* yang saling terhubung menggunakan kabel *jumper*. Pada pemrograman Arduino, langsung dideklarasikan alamat dari Xbee yang akan dituju, sebagai berikut:

```
uint32_t SHaddr = 0x0013a200;
uint32_t SLaddr = 0x40d930b6;
XBeeAddress64 addr64 =
XBeeAddress64(SHaddr, SLaddr);
```

Jika kemiringan  $\geq 13^\circ$ , maka *buzzer* akan berbunyi sebagai tanda bahaya, begitu pula sebaliknya. Data sensor, waktu dan tanggal dikemas dalam paket data API dan dikirimkan ke alamat tujuan Xbee yaitu *coordinator* yang terhubung ke *data center*. Data pembacaan selain terlihat di *data center*, juga dapat dilihat di serial monitor Arduino (Gambar 9).

 A screenshot of the Arduino Serial Monitor window titled "COM6 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)". The window shows a list of text entries. Most entries are timestamped at 11/01/18 16:28:09 and read "Kemiringan (sumbuZ) = 12 derajat" followed by "succes delivered". There are several such entries. Then there is a single entry at 11/01/18 16:28:15 with "Kemiringan (sumbuZ) = 11 derajat" followed by "succes delivered". After this, there is a series of entries starting at 11/01/18 16:28:18 with "Kemiringan (sumbuZ) = 11 derajat" followed by "succes delivered", which continues until 11/01/18 16:28:24. Following these, there is an error message: "Error reading packet. Error code: 3". At the bottom of the window, there are buttons for "Autoscroll", "Send", "No line ending", "9600 baud", and "Clear output".

Gambar 9. Serial Monitor *End Device* Longsor

### 3.5 Pengujian End Device Kekeringan

*End device* kekeringan terdiri dari Arduino mega, Xbee, sensor kelembaban tanah, RTC DS3231 dan *buzzer* yang saling terhubung menggunakan kabel *jumper*. Sistem *end*

device kekeringan bekerja seperti *end device* longsor hanya berbeda sensor yang digunakan. Sensor kelembaban tanah akan membaca data dengan *output* persentase tingkat kekeringan tanah. Jika nilai persentase  $\leq 30\%$ , maka *buzzer* akan berbunyi sebagai tanda bahaya bahwa tanah pada kondisi kekeringan, begitu pula sebaliknya. Data yang dikirim dapat dilihat di serial monitor Arduino (Gambar 10).

```

COM12 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
- □ ×
succes delivered
10/01/18 16:59:18
soil moisture: 100 %
succes delivered
10/01/18 16:59:20
soil moisture: 100 %
succes delivered
10/01/18 16:59:22
soil moisture: 100 %
succes delivered
10/01/18 16:59:24
soil moisture: 100 %
succes delivered
10/01/18 16:59:26
soil moisture: 100 %

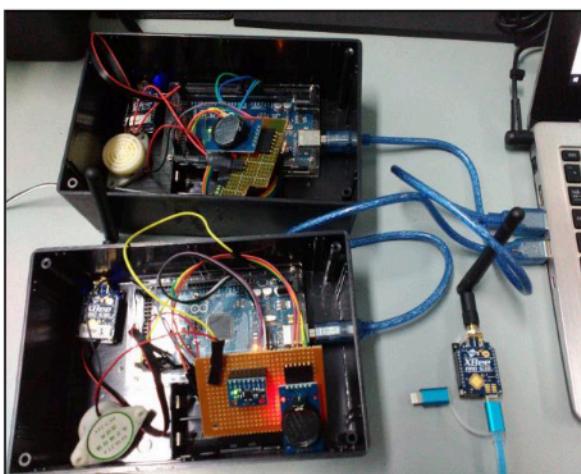
```

Autoscroll      No line ending      9600 baud      Clear output

Gambar 10. Serial Monitor *End Device* Kekeringan

### 3.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

Keseluruhan sistem terdiri dari *end device* longsor, *end device* kekeringan serta *coordinator* yang terhubung langsung ke *data center*. Beberapa *device* tersebut terhubung menggunakan topologi *star*, dimana masing-masing *end device* mengirimkan data ke *coordinator*. Pengujian tersebut dapat dilihat di Gambar 11 dengan hasil pengujian di Tabel 6.



Gambar 11. Pengujian Keseluruhan Sistem

Tabel 6. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	<i>End Device</i> Longsor(°)	<i>End Device</i> Kekeringan (%)	Status <i>Data Center</i>
1	50	100	Longsor = bahaya, Kekeringan = aman
2	20	35	Longsor = bahaya, Kekeringan = aman
3	45	80	Longsor = bahaya, Kekeringan = aman
4	90	0	Longsor = bahaya, Kekeringan = bahaya
5	15	50	Longsor = bahaya, Kekeringan = aman

*Coordinator* hanya terdiri dari Xbee *receiver* yang akan menerima data dari dua *end device*. Xbee tersebut terhubung langsung ke laptop/PC yang berisi *interface data center*. Sehingga *data center* di sini berfungsi sebagai tampilan data, bisa dalam bentuk grafik, angka, maupun informasi status aman atau bahaya. Gambar 12 menunjukkan tampilan pengujian keseluruhan sistem di *data center*.



Gambar 12. Tampilan Pengujian Keseluruhan Sistem di *Data Center*

Garis merah pada grafik menunjukkan *threshold* yang di-setting dari awal sebelum pengujian sesuai dengan standar bencana hidrometriologi. *Threshold* ideal kemiringan pada *data center* sebesar  $<5^\circ$ . Oleh karena itu, sudut kemiringan  $12^\circ$  sudah tergolong status bahaya. Namun, karena sensor yang digunakan tidak mampu mendekripsi sudut  $<11^\circ$  maka hanya untuk sistem ini *buzzer* berbunyi jika sudut kemiringan terbaca  $\geq 13^\circ$ . Garis kuning merupakan data yang terbaca dari sensor. Data yang ditampilkan *continuous* terhadap waktu dan merupakan data yang *real time*.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh persamaan regresi linier untuk kemiringan tanah  $y = -0,0054x + 97,133$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,9375; sedangkan persamaan regresi kelembaban tanah  $y = -0,123x + 131,39$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9692.
2. Sensor akselerometer MPU6050 hanya mampu membaca sudut kemiringan mulai dari  $11^\circ$  sehingga ditetapkan *threshold* kemiringan sebesar  $\geq 13^\circ$ .
3. Sistem yang dibuat mampu mendekripsi bencana longsor dengan tingkat kesalahan pengukuran kemiringan tanah 2,9% (dimulai dari sudut  $11^\circ$ ) serta mampu mendekripsi bencana kekeringan pertanian dengan tingkat kesalahan kelembaban tanah 3,4%.
4. Kekuatan sinyal sangat baik (*excellent*) dengan jarak *indoor* maksimal 500 cm dengan nilai RSSI -64 dBm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. 2018. MPU-6050 Accelerometer+ Gyro [terhubung berkala]. <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>.
- Barroca, N., L.M. Borges, F.J. Velez, F. Monteiro, M. Gorski, and J.C. Gomes. 2013. Wireless Sensor Networks for Temperature and Humidity Monitoring within Concrete Structures. *Construction and Building Material*, 40: 1156-1166.
- BNPB. 2018. Bencana Alam di Indonesia Tahun 2018 s/d 2018 [terhubung berkala]. <http://bnpb.cloud/dibi/tabel1a>.
- Digi International. 2014. Digi XBee-PRO 900HP [terhubung berkala]. <https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/sub-1-ghz-modules/xbee-pro-900hp>.
- Firdaus. 2014. Wireless Sensor Network, Grha Ilmu, Yogyakarta. 180p.
- Haryanti, M. dan N. Kusumaningrum. 2008. Aplikasi Accelerometer 3 Axis untuk Mengukur Sudut Kemiringan (Tilt) Engineering Model Satelit di Atas Air Bearing, Universitas Suryadarma, TESLA, 10(2): 55-58.
- Muslim, H.. 2015. Perancangan Perangkat Keras Pengukur Ketinggian Muka Air Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Protokol Komunikasi Zigbee dan GPRS (General Packet Radio Service) dengan Topologi Star. *Transient*, 4(2): 385-393.
- Ramesh, M.V. 2014. Design, Development, and Deployment of a Wireless Sensor Network for Detection of Landslides. *Ad Hoc Networks*, 13: 2-18.
- Novianti, T. dan I. Santosa. 2013. Pemodelan Karakteristik Propagasi Berdasarkan RSSI pada Jaringan Sensor Nirkabel, Simposium Nasional Teknologi Terapan, Publikasi Ilmiah UMS. ISSN: 2339-028X, IF65-IF71.
- Random Nerd Tutorials. 2016. Guide for Soil Moisture Sensor YL-69 or HL-69 With Arduino [terhubung berkala]. <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-soil-moisture-sensor-yl-69-or-hl-69-with-the-arduino/>.