

TESIS

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN DATA MINING DENGAN WIRELESS SENSOR NETWORK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Magister
Pada Jurusan Teknik Elektro Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Andalas

Oleh :

UNIVERSITAS ANDALAS

RONI PUTRA

1320952012

Pembimbing :

Zaini, Ph.D

NIP.19760321 200112 1 003



**Konsentrasi
Rekayasa Sistem Informasi**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2016**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya mahasiswa/dosen/tenaga kependidikan* Universitas Andalas yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : RONI PUTRA
No. BP/NIM/NIDN : 1320952012
Program Studi : Pasca Sarjana Teknik Elektro
Fakultas : TEKNIK
Jenis Tugas Akhir : TA-D3/Skripsi/Tesis/Disertasi/.....**

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas hak atas publikasi *online* Tugas Akhir saya yang berjudul:

Desain dan Implementasi Peringatan dini banjir
Menggunakan data mining Dengan wireless sensor
network

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Universitas Andalas juga berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola, merawat, dan mempublikasikan karya saya tersebut di atas selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Dibuat di Padang
Pada tanggal 26 Juli 2016
Yang menyatakan,

(..... RONI PUTRA

* pilih sesuai kondisi

** termasuk laporan penelitian, laporan pengabdian masyarakat, laporan magang, dll

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN DATA MINING DENGAN WIRELESS SENSOR NETWORK

Oleh :

Roni Putra
1320952012

Lulus Sidang Thesis pada Tanggal: 8 Juni 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing



Zaini, Ph.D
NIP. 19760321 200112 1003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Eng. Ariadi azmi,ST,MT
NIP.197503141999031003

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, dan tidak lupa pula penulis mengucapkan shalawat dan salam kepada nabi Muhammad SAW yang telah memberi pencerahan untuk dapat menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “**Desain Dan Implementasi Peringatan Dini Banjir Menggunakan Data Mining Dengan Wireless Sensor Network**”. Semoga shalawat dan salam selalu tercurah kepada panutan manusia terbaik Nabi Muhammad SAW, sahabat dan keluarganya.

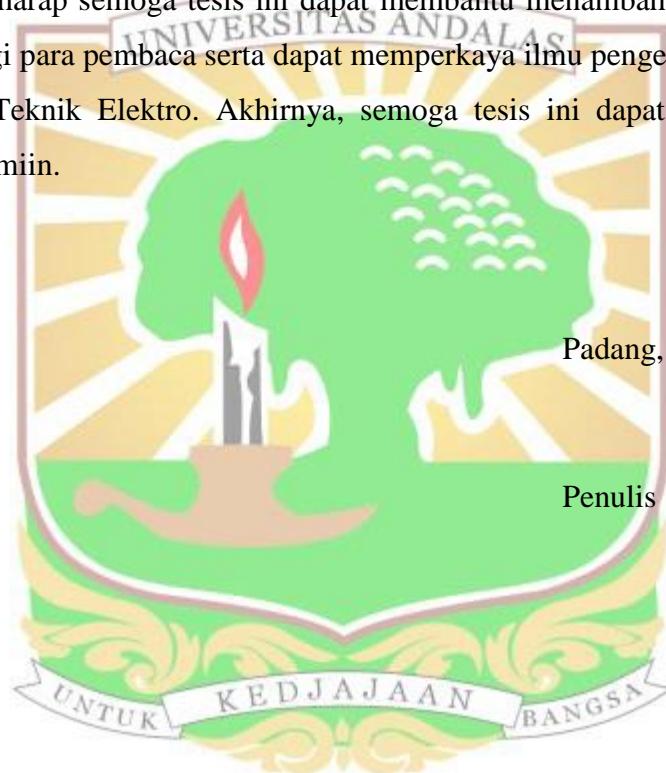
Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) dalam bidang keahlian Rekayasa Sistem Informasi pada program studi Teknik Elektro Universitas Andalas Padang. Penulis telah berusaha memberikan yang terbaik dalam penyusunan tesis ini, namun penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan perlu pengembangan lebih lanjut agar diperoleh hasil yang lebih baik dimasa mendatangnya.

Banyak pihak yang telah dengan tulus dan ikhlas memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam penelitian dan penulisan tesis ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Keluarga besar penulis, karena do'a dan dorongannya jugalah penulis dapat menyelesaikan pendidikan program magister ini.
2. Zaini, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing penulis yang telah meluangkan waktu, tenaga dan fikiran dalam pelaksanaan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis ini.

3. Ariadi Hazmi, Dr.Eng sebagai ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu dalam memudahkan urusan perkuliahan dan penyelesaian tesis ini
4. Dosen-dosen dan staff diprogram studi teknik elektro Pascasarjana Universitas Andalas Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis.
5. Buat mel yang sudah membantu dalam pembuatan tesis ini.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca serta dapat memperkaya ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang Teknik Elektro. Akhirnya, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amiin.



ABSTRAK

Tulisan ini bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan dini banjir dan informasi cuaca. Hal ini dilatarbelakangi oleh keadaan Indonesia yang mempunyai dan mengalami perubahan musim yang cukup drastis. Perubahan musim dan kondisi cuaca yang tidak stabil dapat memicu terjadinya bencana seperti banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sebagaimana yang terjadi di Kota Padang. Daerah Batu Busuk merupakan salah satu area rawan banjir dan galodo akan tetapi tidak terdapat informasi tentang keadaan cuaca. Penelitian ini bertujuan memberikan informasi cuaca dan prediksi akan potensi banjir dengan variable curah hujan, suhu, kelembaban, arah angin dan kecepatan angin yang dapat diakses secara *realtime* dan *up to date* dimanapun dan kapanpun melalui webpage online. Untuk menentukan prediksi potensi banjir maka digunakan data mining dengan metoda Alogritma C4.5 yang menghasilkan pohon keputusan. Penelitian ini juga menggunakan XBee S2PRO untuk pengirim dan penerima dengan topology mesh yang terdiri dari komponen sensor curah hujan, SHT11, arah angin, kecepatan angin serta arduino. Penyimpanan data dan pengolahan informasi menggunakan Raspberry Pi sebagai komputer mini server. Hasil pengukuran sensor SHT11 mempunyai kesalahan rata-rata pada suhu 2,09%, kelembaban relative 0,15%, kecepatan angin 3,87% dan arah angin 0% serta curah hujan 6,32% dari pengukuran alat ukur sebenarnya. Pengujian selama empat hari memiliki persamaan kondisi cuaca antara alat EWS dengan keadaan di Batu Busuk, dimana pada tanggal 22 Maret 2016 pukul 05:35 WIB sistem informasi *Early Warning System* (EWS) mengeluarkan *warning system* akan potensi banjir dan pada saat pagi hari aliran Batu Busuk mengalami banjir.

Kata Kunci : Data mining, Algoritma C4.5, XBee S2Pro, Raspberry Pi.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN PUBLIKASI	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	
ABSTRAK	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Metode Penelitian	5



BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1 Aplikasi WSN Pada Penanganan Bencana	6
2.2 ZigBee.....	18
2.3 XBee	20
2.4 Data Mining	21
a. Algoritma ID3.....	21
b. Algoritma C4.5	24
2.5 Raspberry Pi.....	27
2.6 Arduino Ethernet Shield	28
2.7 Sensor Suhu dan Kelembaban (SHT11)	29
2.8 Sensor Kecepatan Angin.....	31
2.9 Sensor Arah Angin.....	31
2.10 Sensor Curah Hujan	34
2.11 Fuzzy C-Means	34

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Studi Literatur	38
3.3 Perancangan Data Mining EWS(Early Warning System)	38

a.	Pengumpulan data historis BMKG	38
b.	Pengelompokan Data dengan logika FCM	38
c.	Pengkategorian Curah Hujan	39
d.	Algoritma C4.5	40
3.4	Perancangan Sistem	41
a.	Perancangan Hardware	42
b.	Perancangan Software.....	50
3.5	Flowchart Sistem Early Warning System	54

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1	Hasil Pengukuran	56
a.	Sensor Suhu dan Kelembaban	56
b.	Sensor Kecepatan Angin.....	60
c.	Sensor Arah Angin.....	63
d.	Sensor Curah Hujan	64
4.2	Pengujian Xbee	65
a.	Pengaruh Salah Satu Router Off	65
b.	Pengujian Lamanya Waktu Network Recovery.....	68
c.	Pengujian Delay Network Recovery dengan Variasi Jarak	69
4.3	Pengelompokan Data dengan Fuzzy Clustering Mean (FCM)	71
4.4	Data Mining Menggunakan Algoritma C4.5	73
4.5	Pengukuran Delay Ke server	81
4.6	Pengujian Perangkat Lunak	82
a.	Sistem Informasi EWS.....	82
b.	Pengujian EWS untuk Memprediksi banjir	84
c.	Recovery data jika terputus ke server Raspberry Pi	96

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	100

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Standard Wireless	18
Tabel 2.2 Posisi Arah Angin	22
Tabel 3.1 Pembagian Himpunan Fuzzy	39
Tabel 3.2 Kategori Curah Hujan Perjam.....	39
Tabel 3.3 Kategori Hujan Perhari	39
Tabel 3.4 Port yang digunakan Mikrokontroler.....	43
Tabel 3.5 Fungsi tiap lajur kabel.....	44
Tabel 3.6 Konfigurasi Xbee End Device	46
Tabel 3.7 Konfigurasi Xbee Router	47
Tabel 3.8 Konfigurasi Xbee End Device	49
Tabel 3.9 Struktur Table Data Iklim	52
Tabel 310. Stuktur Tabel Wind Direction.....	52
Table 4.1 Data Pengujian dengan multimeter analog	56
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor suhu.....	58
Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor suhu.....	59
Tabel 4.4 Pengujian Kecepatan angin dengan multi meter.....	60
Tabel 4.5 Hasil pengujian sensor kecepatan angin	61
Tabel 4.6 Data sheet sensor arah angin.....	62
Tabel 4.7 Pengujian rangkaian sensor arah angin.....	63
Tabel 4.8 Pengujian Sensor curah hujan.....	64
Tabel 4.9 Hasil pengujian sensor curah hujan	65
Tabel 4.10 Pengujian Pengaruh <i>Router 2 On/Off</i>	67
Tabel 4.11 Pengujian Pengaruh Router On/Off	67
Tabel 4.12 Pengujian Delay Network Recovery Router Off/On	68
Tabel 4.13 Pengujian DNR dengan Variasi Jarak.....	63
Tabel 4.14 Informasi Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu	64
Tabel 4.15 Informasi Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban	64
Tabel 4.16 Learning Dataset	66
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan pada Dataset	67
Tabel 4.18. Analisis Node 1	67
Tabel 4.19 Data yang Memiliki Curah Hujan = hjn_hi	68
Tabel 4.20 Hasil Analisis Node 1.1	69
Tabel 4.21 Analisis Node 1.1	69
Tabel 4.22 Dataset Node 1.1.2.....	70
Tabel 4.23 Hasil Analisis Node 1.1.2	71

Tabel 4.24 Analisis Node 1.1.2.....	71
Tabel 4.25 Pengujian waktu pengirim ke server.....	73
Table 4.26 Data Pengujian Tanggal 18/03/2016.....	76
Tabel 4.27 Hasil EWS Pengamatan tanggal 18/03/2016	78
Tabel 4.28 Data Pengujian Tanggal 19/03/2016.....	79
Tabel 4.29 Hasil EWS Pengamatan tanggal 19/03/2016	81
Tabel 4.30 Data Pengujian Tanggal 21/03/2016.....	81
Tabel 4.31 Hasil EWS Pengamatan tanggal 21/03/2016	84
Tabel 4.32 Data Pengujian Tanggal 22/03/2016.....	84
Tabel 4.33 Pengamatan tanggal 22/03/2016.....	86
Tabel 4.34 Hasil Kategori Pengamatan tanggal 22/03/2016 Pukul 5:45:57	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain Jaringan	8
Gambar 2.2 Block Diagram Hardware	9
Gambar 2.3 Block SistemInformasi.....	9
Gambar 2.4 Block DiagaramSistem Monitoring	10
Gambar 2.5 Desain Jaringan Arsitektur Komunikasi	11
Gambar 2.6 Diagram Relay Node Jaringan Komunikasi Darurat	12
Gambar 2.7Penyebaran WSN dalam jaringan	13
Gambar 2.8 Sistem Arsitektur WSN.....	14
Gambar 2.9 Sistem Blok Diagram	16
Gambar 2.10.ArsitekturWaterWise	17
Gambar 2.11 Topologi Mesh	20
Gambar 2.12 XBee.....	21
Gambar 2.13 Topologialternatif web server padaperangkat Raspberry Pi	28
Gambar 2.14 Arduiono Ethernet Shield.....	29
Gambar 2.15 Sensor SHT11	29
Gambar 2.16 Sensor Kecepatan Angin	31
Gambar 2.17 Rangkaian Sensor Arah Angin.....	32
Gambar 2.18 Mekanik Penunjuk Arah Angin	33
Gambar 2.19 Sensor Curah Hujan	34
Gambar 3.1 Diagram Metologi Penelitian	37
Gambar 3.2 Block Diagram Sistem	41
Gambar 3.3 Perancangan Hardware Transmiitter.....	43
Gambar 3.4 Perancangan Hardware XBee Sebagai Router	47
Gambar 3.5 Perancangan Hardware Reciever	48
Gambar 3.6 Command Line OS Raspberry Pi	50
Gambar 3.7 Desain Web Page EWS	53
Gambar 3.8 Flowchart Sistem EWS	54
Gambar 4.1 Serangkaian awal pengiriman data.....	57
Gambar 4.2 DHT thermometer digital	57
Gambar 4.3 Kecepatan angin digital BMKG Sicincin.....	61
Gambar 4.4 Alat pengukur curah hujan BMKG Sicincin.....	65
Gambar 4.5 Router Xbee	59
Gambar 4.6 Jarak Setiap Device Xbee di batu busuk	62
Gambar 4.7 Flowchart Algoritma C4.5	74
Gambar 4.8 Pohon Keputusan Node 1 (root node)	77

Gambar 4.9 Pohon Keputusan Node 2 (root node)	79
Gambar 4.10 Pohon Keputusan Akhir Node 1.1.2	80
Gambar 4.11 Coordinator	81
Gambar 4.12 Sistem Informasi EWS	83
Gambar 4.13 delay refreh web page EWS	84
Gambar 4.14 Tahapan Early Warning System.....	85
Gambar 4.15 Saat data terputus	96
Gambar 4.16 Data log EWS.....	97
Gambar 4.17 Import Databases.....	98
Gambar 4.18 Restore Data Ews	98



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perubahan iklim merupakan perubahan jangka panjang dalam distribusi pola cuaca secara statistik dengan periode waktu mulai dasawarsa hingga jutaan tahun. Hal ini bisa juga berarti bahwa perubahan keadaan cuaca rata-rata atau perubahan distribusi peristiwa cuaca rata-rata merupakan jumlah peristiwa cuaca ekstrim yang semakin banyak atau semakin sedikit. Perubahan iklim dapat terjadi pada daerah terbatas hingga regional tertentu atau dapat terjadi di seluruh wilayah Bumi.

Sebagai contoh, Indonesia mengalami musim yang mengalami pergeseran yang luar biasa. Periode musim kemarau yang biasanya terjadi pada bulan April-September dan musim hujan pada bulan Oktober-Maret dengan musim pancaroba pada bulan Maret/April dan September/Okttober sekarang sudah tidak menentu. Hal ini tentunya akan membawa efek pada pertanian, perkebunan dan pelayaran dan sebagainya. Kondisi cuaca yang mengalami perubahan ini juga berakibat pada bencana yang ditimbulkan seperti banjir akibat curah hujan yang tinggi sebagaimana yang terjadi di Padang dan Payakumbuh Sumatera Barat yang menimbulkan kerugian materi serta infrastruktur.

BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) sebagai lembaga yang memberi informasi tentang cuaca seperti curah hujan, kelembaban, suhu dan

kecepatan serta arah angin cenderung menggambarkan kondisi daerah secara luas, misalnya untuk daerah Kota Padang ataupun sekitarnya. Informasi keadaan cuaca belum mencakup lokasi atau wilayah yang lebih kecil, padahal sering terjadi perbedaan cuaca pada wilayah kecil tersebut. Hal ini disebabkan jumlah stasiun cuaca yang terbatas dan hanya diletakkan di titik tertentu saja. Selain itu pembaharuan informasi cuaca berlaku untuk satu hari atau 24 jam, padahal pola cuaca bersifat berubah-ubah dalam waktu tertentu. Selain itu BMKG belum meletakan alat-alat sensor cuaca di tempat-tempat yang rawan banjir dan galodo.

Batu busuk merupakan salah satu area rawan banjir dan galodo akan tetapi tidak terdapat informasi tentang keadaan cuaca (curah hujan, kelembaban, suhu dan arah serta kecepatan angin) sehingga jika terjadi banjir dan galodo berefek besar terhadap daerah aliran sungai batu busuk ditambah adanya perbedaan cuaca antara batu busuk dengan sepanjang daerah aliran sungai. Dengan adanya perbedaan cuaca sulit daerah aliran sungai memprediksi apakah cuaca di batu busuk sangat ektrim yang berpotensi banjir atau tidak. Penduduk hanya bisa menganalisa secara visual dengan melihat dari jauh apakah adanya tanda-tanda hujan seperti (Terdapatnya gumpalan awan hitam). Sulitnya memprediksi itu maka masyarakat daerah aliran sungai batu busuk tidak bisa mempersiapkan diri dan barang-barang untuk melakukan evakuasi jika akan terjadinya banjir dan galodo dimana dapat menimbulkan effek kerugian dari segi materi dan nyawa.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat maka dibangun Early Warning System (EWS) dengan variable cuaca seperti curah hujan, kelembaban, suhu dan arah serta kecepatan angin. EWS yang dibangun memiliki

kemampuan memprediksi banjir dan galodo dengan menggunakan data mining, data mining merupakan historis kejadian yang pernah terjadi sebelumnya, dimana data yang diambil dari BMKG, serta diolah dengan menggunakan metoda Algoritma C4.5 sehingga menghasilkan pohon keputusan apakah berpotensi banjir atau tidak. Sedangkan pengiriman data sendiri menggunakan wireless sensor network(WSN) serta sebuah mini komputer Raspberry Pi digunakan sebagai web server untuk pemprosesan dari EWS. Informasi data cuaca dan prediksi akan potensi banjir atau dapat diakses secara realtime dan uptodate dimanapun dan kapanpun karena bisa diakses melalui webpage secara online, apakah dengan tab, smartphone serta laptop dan PC.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul **“Desain Dan Implementasi Peringatan Dini Banjir Menggunakan Data Mining Dengan Wireless Sensor Network”**.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat system stasiun cuaca untuk pendekstian curah hujan, suhu, kelembaban dan kecepatan angin serta arah angin, yang digunakan untuk memprediksi banjir pada suatu wilayah tertentu.
2. Bagaimana mendesain pengiriman data dengan menggunakan Topologi mesh pada Wireless sensor network sehingga hasilnya pengirimannya realtime.
3. Bagaimana pengelompokan data suhu dan kelembaban menggunakan Fuzzy Cluster Mean(FCM) bertujuan untuk menghasilkan pohon keputusan pada data mining.

4. Bagaimana merancang data mining menggunakan algoritma C4.5 yang menghasilkan pohon keputusan untuk menentukan kondisi cuaca (curah hujan, kelembaban dan suhu) yang berpotensi banjir atau tidak.
5. Bagaimana merancang pengukuran delay pengiriman data dari batu busuk ke server raspberry pi.
6. Bagaimana backup data jika pengiriman data terputus ke server raspberry pi.
7. Bagaimana membangun aplikasi monitoring dan prediksi potensi banjir berbasis web page.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Dengan dibangunnya EWS ini masyarakat umum dapat mengetahui kondisi cuaca real time secara periodik akan adanya potensi banjir atau tidak di batu busuk kapanpun dan dimanapun dengan mengakses web page EWS. Sehingga masyarakat bisa mempersiapkan diri akan terjadinya banjir dan galodo.
2. Merancang dan menerapkan data mining yang menggunakan algoritma C4.5 untuk prediksi akan potensi banjir atau tidak dibatu busuk.
3. Mengoptimalkan penggunaan Wireless Sensor Network(WSN) untuk pengiriman data.
4. Membangun aplikasi berbasis web page untuk menampilkan informasi cuaca dan akan adanya potensi banjir atau galodo dibatu busuk secara realtime.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian hanya dilakukan di daerah batu busuk
2. Variabel cuaca yang digunakan pada EWS dalam menentukan prediksi potensi banjir bersifat terbatas yaitu curah hujan, suhu dan kelembaban.
3. Informasi keadaan cuaca secara realtime dan update berdasarkan curah hujan perjam yaitu tidak hujan, hujan ringan, hujan sedang dan lebat ditampilkan secara realtime dan periodik.
4. Untuk informasi akan potensi banjir dibatasi busuk menggunakan data mining dengan metoda C4.5 yang bersumber dari variable curah hujan perhari, suhu dan kelembaban dinyatakan dengan berpotensi banjir, tidak berpotensi banjir.
5. Web page EWS hanya menampilkan grafik suhu.

1.5 Metode Penelitian

1. Studi literatur dari berbagai paper baik nasional maupun international yang relevan terhadap topik penelitian dengan mereview hasil paper tersebut.
2. Perancangan Early Warning System(EWS) prediksi banjir, terdiri dari mengumpulkan data yang bersumber dari BMKG untuk dijadikan rujukan dalam menentukan potensi banjir dengan data mining menggunakan metoda algoritma C4.5, pengelompokan data menggunakan FCM dan pengkategorian hujan.
3. Perancangan Penelitian dari segi hardware dan sistem.
4. Melakukan observasi di laboratorium untuk pengujian sitem yang dirancang
5. Menganalisa hasil observasi serta menyusun laporan akhir dari thesis ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

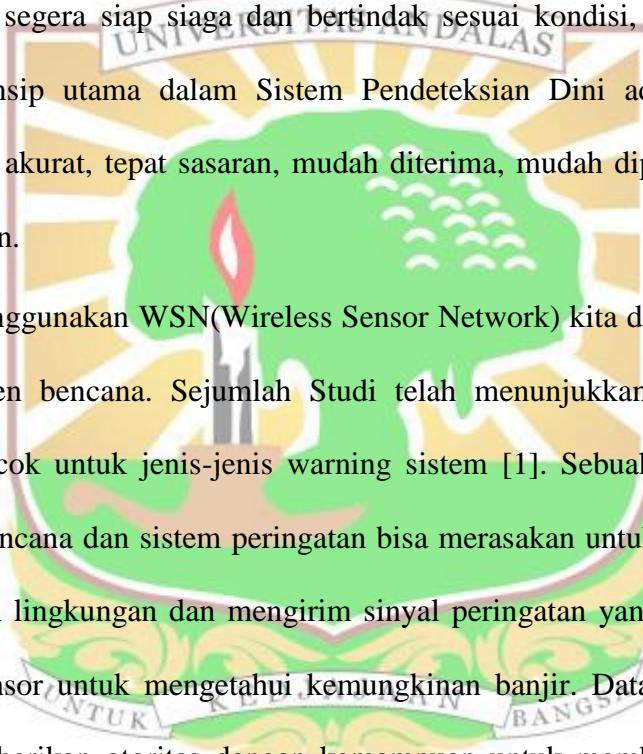
2.1 Aplikasi WSN Pada Penanganan Bencana

Indonesia merupakan Negara yang berada pada zona rawan bencana. Bencana sering menimbulkan banyak korban jiwa dan harta benda [1]. Bencana bukanlah hal yang dapat ditolak keberadaannya, tetapi manusia harusnya mampu melakukan pendugaan atas kemungkinan terjadinya bencana sehingga dapat meminimalisasi dampak yang dapat ditimbulkannya. Suprapto (2011) menyatakan bahwa banjir merupakan bencana paling sering terjadi di Indonesia. Selama 2002-2010 telah terjadi 3.479 kali kejadian banjir di Indonesia.

Dengan demikian penting bagi kita untuk memastikan risiko akibat bencana dengan melakukan prediksi yang efektif, deteksi, monitoring, peringatan dengan menggunakan system [2]. Dewan Keamanan Nasional Malaysia (NSC) menetapkan Strategi manajemen risiko bencana menjadi empat bagian [2];

- i. pencegahan dan mitigasi,
- ii. kesiapan - prediksi dan sistem peringatan dini
- iii. kesiapan – pencarian, medis
- iv. pemulihan - analisis, rehabilitasi, rekonstruksi.

Salah satu upaya untuk menghindari akibat yang ditimbulkan bencana banjir dan longsor ini adalah dengan membangun sistem peringatan dini bencana banjir [1]. Menurut Action contre la Faim – Indonesia Mission (2010), Sistem Peringatan Dini merupakan sebuah tatanan penyampaian informasi hasil prediksi terhadap sebuah ancaman kepada masyarakat sebelum terjadinya sebuah peristiwa yang dapat menimbulkan risiko yang bertujuan untuk memberikan peringatan agar penerima informasi dapat segera siap siaga dan bertindak sesuai kondisi, situasi dan waktu yang tepat. Prinsip utama dalam Sistem Pendekripsi Dini adalah memberikan informasi cepat, akurat, tepat sasaran, mudah diterima, mudah dipahami, terpercaya dan berkelanjutan.

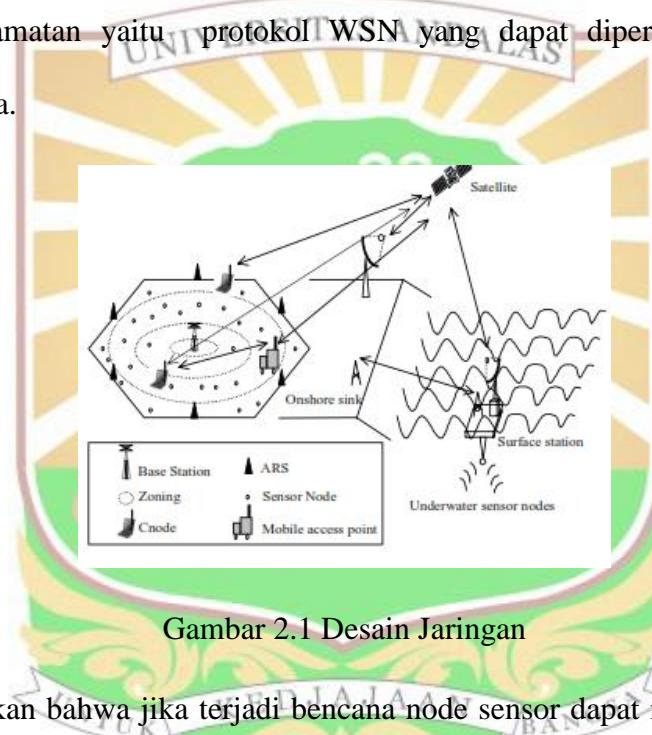


Dengan menggunakan WSN(Wireless Sensor Network) kita dapat meningkatkan aspek manajemen bencana. Sejumlah Studi telah menunjukkan penerapan WSN untuk fungsi cocok untuk jenis-jenis warning sistem [1]. Sebuah WSN digunakan untuk deteksi bencana dan sistem peringatan bisa merasakan untuk setiap perubahan signifikan dalam lingkungan dan mengirim sinyal peringatan yang sesuai, misalnya menggunakan sensor untuk mengetahui kemungkinan banjir. Data dikumpulkan [1] dari WSN memberikan otoritas dengan kemampuan untuk membuat prediksi yang membantu mereka dengan keputusan seperti evakuasi, mengeluarkan peringatan.

Penelitian yang pernah dilakukan Suman [3] Saha dkk, membahas tentang A Framework for Disaster Management System and WSN Protocol for Rescue Operation. Penelitian ini melakukan pengumpulan data untuk bencana mitigasi dan

penyelamatan operasi; dan penundaan yang lebih rendah berdasarkan energi protokol WSN efisien untuk penyebaran data dari daerah bencana.

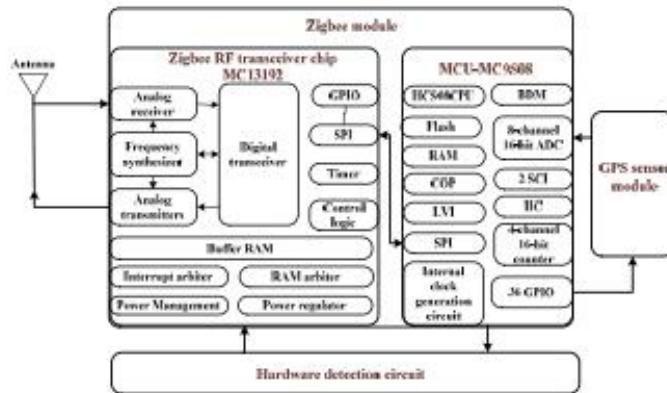
Kami membagi sistem manajemen bencana menjadi dua subsistem : mitigasi bencana dan operasi penyelamatan. Kerangka kerja adalah pengumpulan data yang mempertimbangkan kedua subsistem dari sistem manajemen bencana dengan menggunakan sebuah protokol untuk pengumpulan data dari daerah bencana untuk operasi penyelamatan yaitu protokol WSN yang dapat dipertimbangkan untuk mitigasi bencana.



Gambar 2.1 Desain Jaringan

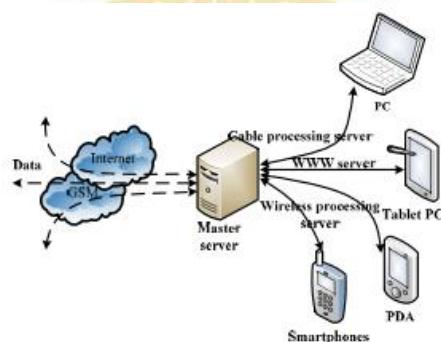
Gambar dijelaskan bahwa jika terjadi bencana node sensor dapat mendeteksi korban bencana kemudian menginformasikan data tersebut melalui jaringan satelite sehingga memudahkan dalam operasi penyelamatan.

Penelitian yang pernah dilakukan Jing Shiyong [4], dkk. Yang berjudul Geological Disaster Monitoring System Based on WSN and GSM Dual-network Integration Technology. Membahas tentang pemantauan bencana geologi menggunakan WSN dan GSM-Dual jaringan.



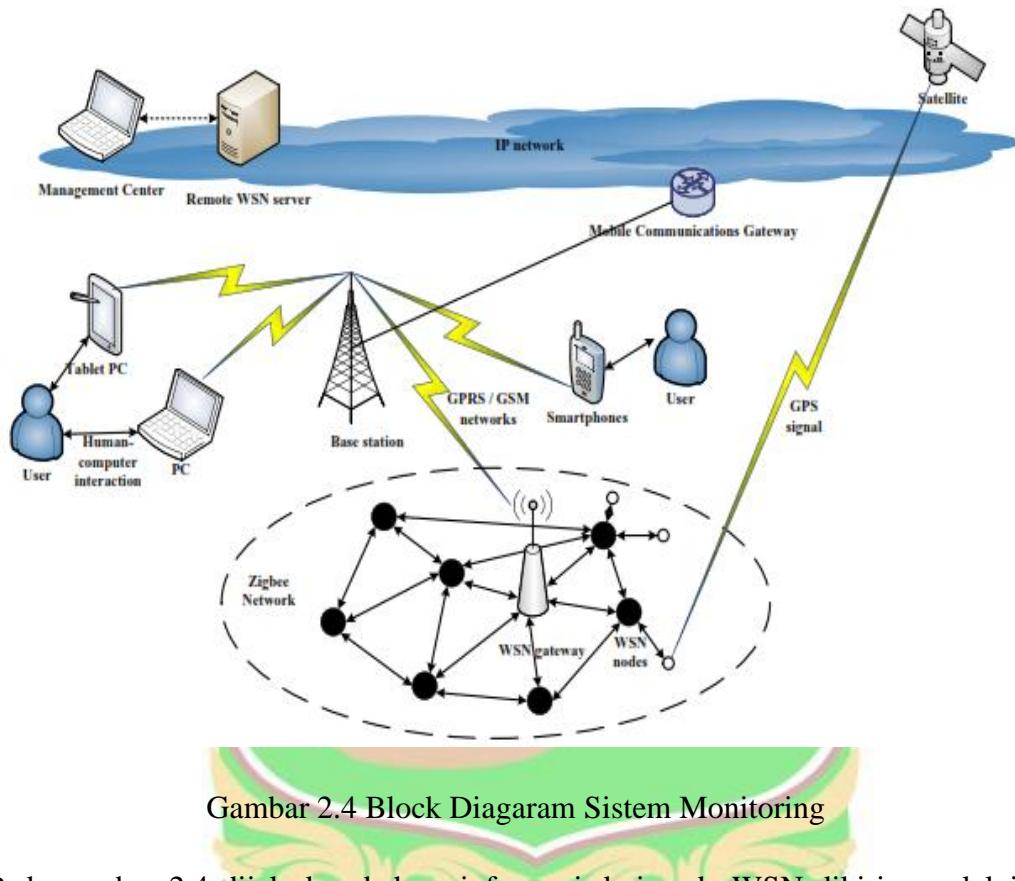
Gambar 2.2 Block Diagram Hardware

Pada gambar 2.2 Modul ZigBee menggunakan aliran listrik mikro yang diperoleh dari RF dan terdiri dari MC13192 dan MC9S08. Jaringan WSN digunakan untuk mendekripsi lingkungan dengan menggunakan perangkat keras, pendekripsi tersebut akan berjalan ketika terjadi perubahan lingkungan, dipicu oleh gangguan modul Zigbee, adanya transfer informasi yang diberikan kepada modul zigbee yang memberikan alamat dan mengantarkan informasi ke wireless MC13192 setelah informasi tersebut diproses dan kontrol oleh cip MC9S08. Perangkat akan mendekripsi setiap perubahan yang terjadi di lingkungan dan mengirim informasi ke ZBee untuk melakukan monitoring.



Gambar 2.3 Block Sistem Informasi

Pada gambar 2.3 merupakan pusat kendali dan informasi terdiri dari computer server dan menggunakan SQL server sebagai databases serta berguna untuk proses analisis dari data sensor yang dikirim oleh ZBee.

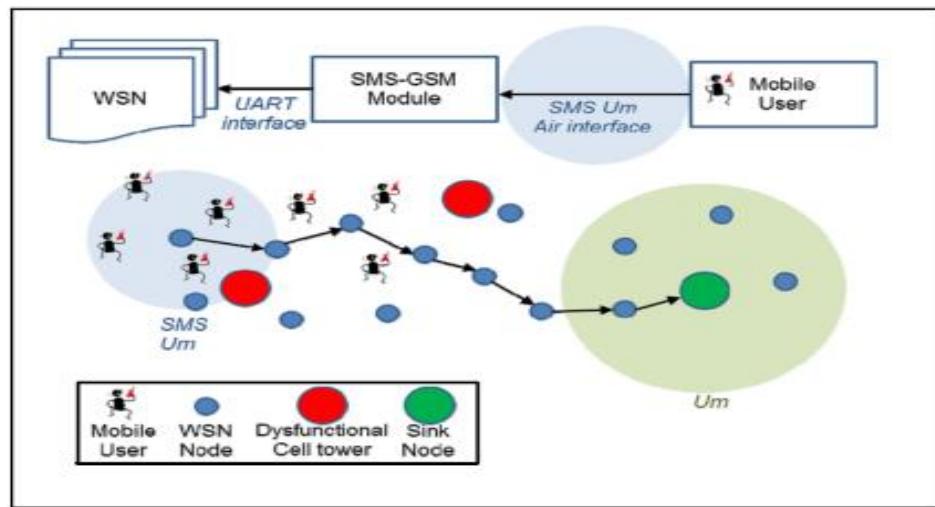


Gambar 2.4 Block Diagram Sistem Monitoring

Pada gambar 2.4 dijelaskan bahwa informasi dari node WSN dikirim melalui base station, dari base stations dikirim ke WSN server menggunakan komunikasi mobile sehingga user dapat mengakses informasi dari WSN menggunakan telephone selular, laptop dan tablet. Dengan komunikasi seperti ini dapat melihat secara riil dan update informasi dapat bergunakan untuk peringatan dini.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Houmin Li [5], yang berjudul Rapid Deployment Wireless Text Messaging Network for Disaster Relief. Membahas tentang . Wireless Sensor Network (WSN) dan ponsel khusus (GSM) serta SMS dapat

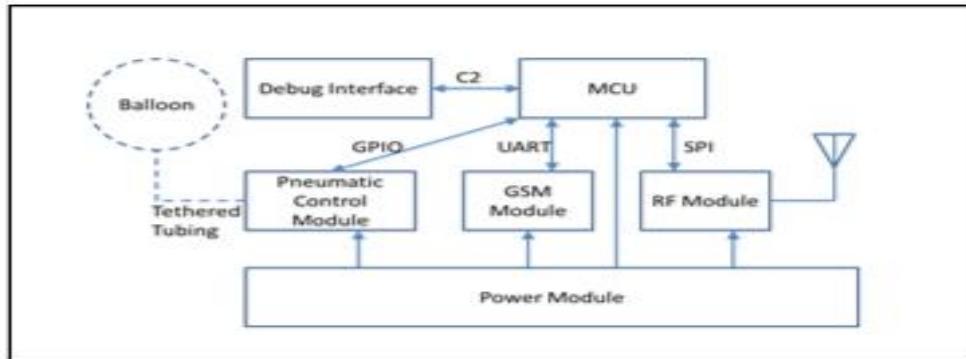
digunakan sebagai solusi untuk menyebarkan informasi tentang keadaan darurat. Sehingga hal ini dapat membantu dan menyelamatkan kehidupan manusia dari bencana.



Gambar 2.5 Desain Jaringan Arsitektur Komunikasi

Pada gambar 2.5 dijelaskan Node jaringan komunikasi darurat memiliki semua sirkuit yang terkandung dalam shell pelindung untuk melindungi lingkungan. Node jaringan komunikasi darurat juga menggunakan tether dan balon helium yang digunakan untuk membuat antenna yang ditempat pada ketinggian yang aman. Balon pada node akan mulai mengembang dan secara lambat akan turun. Tangki Helium, katup pneumatik, dan lainnya merupakan komponen berat yang dibangun di kompartemen bawah untuk pelindung sedangkan modul ruangan komunikasi dan solar panel (opsional) berdekatan dengan balon. Balon digunakan untuk meningkatkan komunikasi, Node setelah diturunkan akan tetap berada pada ketinggian 20 kaki di atas tanah (lebih rendah dari kabel listrik). Node WSN secara otomatis membentuk jaringan terorganisir dan mengumpulkan SMS dari pengguna

GSM kemudian mengirimnya melalui Wsn ke node wastafel yang terhubung dengan jaringan public.

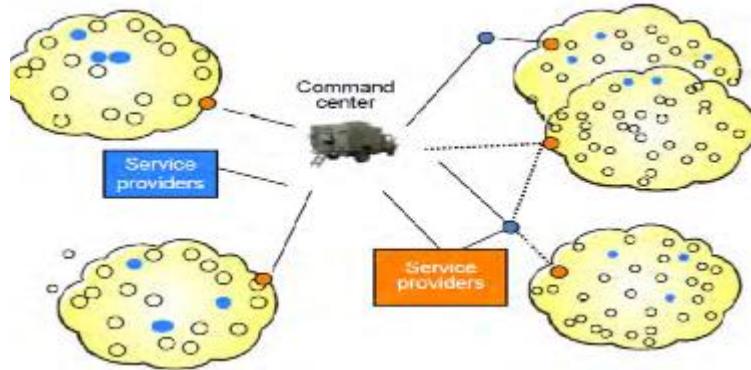


Gambar 2.6 Diagram Relay Node Jaringan Komunikasi Darurat

Pada gambar 2.6 dijelaskan untuk platform WSN, mikrokontroler (MCU) dan frekuensi radio (RF) modul yang dipilih adalah C8051F912 MCU dan Si4431 RF IC dari laboratorium silikon. Kekuatan Fitur kombinasi daya ultra dan tegangan operasi rendah. Sebuah baterai single AAA dapat mendukung modul dalam mode aktif penuh (24,5 MHz jam) selama lebih dari 7 hari berdasarkan kemampuan daya baterai untuk hidup. The Si4431 RF IC dihubungkan dengan MCU melalui perifer antarmuka serial (SPI) dan dikendalikan oleh laboratorium Silicon EZMacPro Software perpustakaan. Sebuah garis antena PCB didesain dengan referensi yang dapat digunakan secara bersama-sama dengan radio Si4431.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Yasser Gadallah [6], dkk yang berjudul A WSN-Driven Service Discovery Technique for Disaster Recovery Using Mobile Ad Hoc Networks. Membahas tentang Mobile ad hoc networks (MANET) cukup efektif digunakan dalam mengelola dan mengalokasikan operasi sumber daya seperti pencarian dan penyelamatan saat terjadinya pertempuran militer, dan pencarian

pemadam kebakaran. Penemuan operasi layanan ini dipicu oleh penemuan WSN yang kemudian dikembangkan dan dialokasikan ke beberapa wilayah operasi.



Gambar 2.7 Penyebaran WSN dalam jaringan

WSN serta MANET yang merupakan perangkat portabel sederhana (misalnya PDA) yang digunakan secara acak dan dimanfaatkan oleh personel penyelamat. Hal ini selain dari perintah oleh pusat dan Node. Daerah operasi dibagi menjadi beberapa zona, dengan ukuran yang samayang bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan operasi dengan efisien. Setiap zona mempunyai satu perintah pusat yang akan dijalankan oleh masing-masing anggota. Node Center melakukan kordinasi dan membagi sumber daya serta informasi ketika diperlukan. dikarenakan jaringan yang heterogen di lingkungan (WSN dan MANET), kita meng-asumsikan penggunaan protokol untuk routing data dalam jaringan.

Penelitian yang pernah dilakukan Ka-Heng Chan[7], berjudul ZigBee Wireless Sensor Network for Surface Drainage Monitoring and Flood Prediction. membahas tentang penggunaan WSN untuk memprediksi banjir dengan menggunakan menggunakan sensor ultrasonic, sensor ultrasonic adalah alat digunakan untuk

mengukur ketinggihan air. Kemampuan Sensor Wireless Network (WSN) memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi, biaya operasi yang lebih rendah dan ketahanan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, WSN memainkan peran penting untuk penyimpanan data lingkungan dan menginformasikan dalam bentuk grafik.



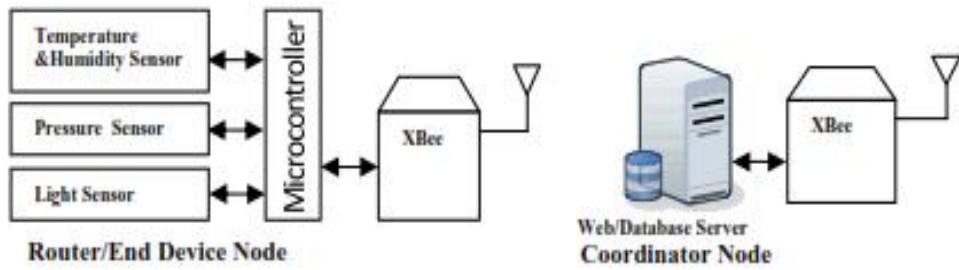
Gambar 2.8 Sistem Arsitektur WSN

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa arsitektur WSN terdiri dari Zigbee, sensor node, coordinator jaringan dan ruang pengumpulan data. Untuk menvisualisasikan data (menunjukkan data) dan menganalisi hasil maka digunakan remote GUI yang dikembangkan dengan baik. Berdasarkan sistem arsitektur(rangkaiannya) sensor node dapat merespon contoh peregerakan parameter fisik untuk mengukur tingkat tegangan yang direspon oleh sensor , kemudian Zigbe akan memodulasi data digital dan code level data ke jaringan data untuk dikirim ke coordinator data yang didirikan melalui link. Kordinator berfokus untuk memelihara topologi jaringan, pengumpulan data dan meng-upload data yang senada ke tempat penyimpanan data dimana WCDMA menerimnya melalui jaringan internet. Pembukaan tempat penyimpanan data WSN platform Xively disesuaikan dengan pekerjaan. Xively platform

menawarkan pengumpulan data yang lebih fleksibel dan visualisasi, yang akan mendukung dan memudahkan jumlah data yang akan diproses melalui sensor aliran data. Sensor node merupakan komponen kunci dalam pekerjaan ini, yang terdiri dari Seri Xbee, modul Zigbe (standar 2007), sensor ultrasonic (Xl-maxsonar-WR MB7060), Sensor temperature (TMP36), dengan batrai #.7 volt dan power control yang akan ditunjukkan. Berdasarkan sensor dan komponennya, sensor ultrasonic merupakan sensor inti yang mempunyai kemampuan dalam mengukur berbagai hal. WR 7060 adalah sensor ultrasonic yang digunakan untuk pengukuran dengan jarak 0.2-7.5m dengan resolusi 1cm dibawah ruangan yang kasar. Berdasarkan perbedaan rentang pengukuran dan nilai kalibrasi , maka kadar air sebenarnya dapat ditentukan. Dengan laporan sensor node <0,52% dengan jarak 0,20m-4.00m. Semua prototype sensor node mempunyai kemaampuan operasi kerja 100 hari dengan penggunaan batrai berkemampuan 3,7 volt.

Penelitian yang pernah dilakukan Cholatip Yawut dkk [8], membahas tentang A Wireless Sensor Network for Weather and Disaster Alarm Systems. Dalam tulisan ini , menyajikan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mencegah kerusakan yang sangat besar dari bencana alam. Dalam sistem ini, jaringan sensor nirkabel berdasarkan Standar zigbee/ IEEE802.15.4 digunakan sebagai jaringan stasiun cuaca mengirimkan informasi cuaca dan alert bencana. Informasi cuaca dianalisis dengan menggunakan teknik pohon keputusan untuk mengumumkan informasi bencana. Sistem yang diusulkan ini mengambil kelebihan dari jaringan sensor nirkabel yang dapat mengirim sinyal lebih jauh jarak dengan menggunakan topologi mesh, ini

transfer data dan juga mengkonsumsi daya rendah. Sensor terdiri dari suhu dan kelembaban sensor , sensor cahaya.



Gambar 2.9 Sistem Blok Diagram

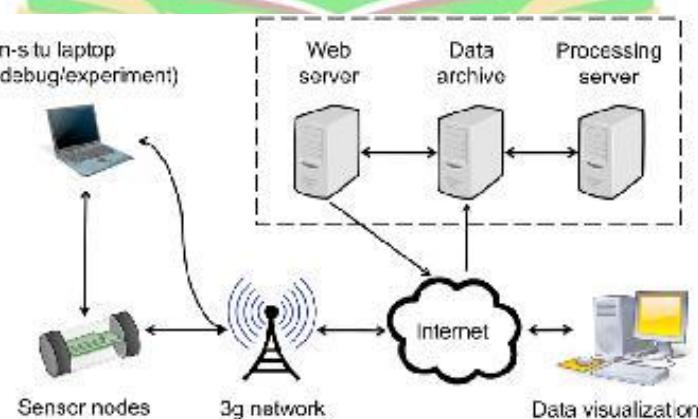
Pada gambar 2.9 diatas Untuk transmisi data, memiliki hanya satu sensor simpul yang merupakan koordinator dengan server untuk perekaman data dan pengolahan. Untuk transmisi ke koordinator , node sensor tidak dapat langsung menghubungi koordinator , perlu untuk mengirimkan data ke sensor node dekat coordinator

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Taufiqurrahman dkk [9], membahas tentang Perancangan Sistem Telemetri Untuk Pengukuran Level Air Berbasis Ultrasonic. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonic yang jarak pembacaannya bisa dikompensasikan dengan suhu lingkungan. Setiap hasil pengukuran nantinya akan dikirim melalui komunikasi tanpa kabel (wireless) dengan konsep jaringan sensor terpadu. Sensor-sensor tersebut akan bertindak sebagai node yang selanjutnya akan mengirim data secara wireless menggunakan perangkat xbee pro kepada node koordinator. Kemudian node koordinator mengirimkan data ke komputer melalui komunikasi serial RS232 untuk dilakukan pemantauan terhadap perubahan ketinggian permukaan air sebagai salah satu indikator penyebab banjir. Dari pengujian beberapa sensor ultrasonic PING))), SRF04 dan MaxSonar

didapatkan beberapa data dengan tingkat kepercayaan yang relatif merata terhadap pembacaan level air yang diam. Titik beratnya adalah bagaimana merancang suatu mekanisme desain perangkat keras sebagai pemantau dalam pengukuran level ketinggian air di pintu air. Dimana ada beberapa criteria dalam desain tersebut, diantaranya :

- a. Kemampuan pembacaan level air secara real-time
- b. Alat tersebut mandiri sehingga tidak mengganggu operator di pintu air
- c. Kehandalan alat ketika dijalankan secara terus-menerus tanpa ada error
- d. Informasi yang layak bisa dibaca oleh operator.

Sistem pengiriman data mempunyai banyak cara untuk bisa dilakukan secara real-time, termasuk pengiriman melalui kabel atau nirkabel. Untuk mekanisme omunikasi nirkabel bias memanfaatkan gelombang 2.4 GHz atau jaringan pada vendor seperti GPRS atau SMS. Andrew J. Whitlte dkk telah mempresentasikan penggunaan GSM Modem dan Zigbee sebagai transfer data secara nirkabel.



Gambar 2.10 Arsitektur WaterWise

2.2 Zigbee

ZigBee adalah protokol jaringan nirkabel yang ditargetkan untuk otomasi dan *aplikasi remote control* dengan teknologi data *rate* rendah[3], konsumsi daya rendah, dan harga murah. ZigBee diharapkan dapat memperkecil biaya dan menjadi koneksi berdaya rendah untuk peralatan yang memerlukan baterai untuk hidup selama beberapa bulan sampai beberapa tahun, tetapi tidak memerlukan kecepatan transfer data tinggi seperti Bluetooth.

Tabel 2.1 Perbandingan Standard Wireless

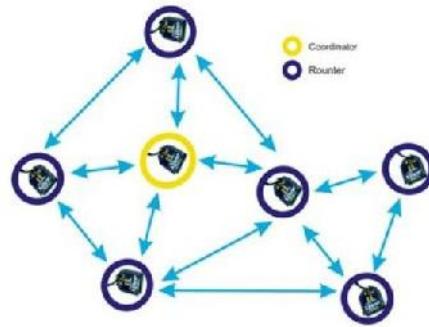
Category	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi
Distance	50-1600m	10m	50m
Extension	Automatic	None	Depend on the existing network
Power supply	Years	Days	Hours
Complexity	Simple	Complicated	Very complicated
Transmission speed	250Kbps	1Mbps	1-54Mbps
Frequency range	868MHz, 916MHz, 2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz
Network nodes	65535	8	50
Link time	30ms	Up to 10s	Up to 3s

Cost of terminal Unit	Low	Low	High
Cost of use	None	None	None
Security	128bit AES	64bit, 128bit	SSID
Integration level & Reliability	High	High	Normal
Prime Cost	Low	Low	Normal
Ease of use	Easy	Normal	Hard

Perangkat nirkabel ZigBee diharapkan dapat digunakan untuk mengirimkan data sejauh 10-75 meter, tergantung pada lingkungan RF dan *output* konsumsi daya yang diperlukan untuk diberikan aplikasi.

Protokol Zigbee dapat mendukung topologi jaringan star, tree dan mesh. Jaringan mesh dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu topologi mesh penuh dan topologi mesh sebagian. Pada topologi mesh penuh setiap titik (*device*) terhubung langsung ke setiap titik lainnya, sedangkan pada topologi mesh sebagian beberapa titik akan terhubung ke semua titik lain, tapi juga terdapat titik lain yang hanya terhubung pada satu titik lainnya.

Dengan menggunakan jaringan mesh, jika salah satu titik tidak dapat beroperasi, maka titik-titik lainnya masih dapat berkomunikasi dengan baik, baik secara langsung maupun melewati satu atau beberapa titik perantara untuk dapat mencapai titik tujuan informasi.



Gambar 2.11 Topologi Mesh

2.3 XBee

XBee merupakan modul yang memungkinkan Arduino untuk berkomunikasi secara *wireless* menggunakan protokol ZigBee. ZigBee beroperasi pada spesifikasi IEEE 802.15.4 radio fisik dan beroperasi pada *band* berlisensi termasuk[3] 2.4 GHz, 900 MHz dan 868 MHz. Basis XBee berasal dari modul MaxStream. Modul ini memungkinkan komunikasi *wireless* dalam jangkauan hingga 30 meter (dalam ruangan) atau 100 meter (luar ruangan). XBee dapat digunakan sebagai pengganti kabel serial, dapat juga digunakan sebagai mode perintah untuk suatu *broadcast*, dan pilihan menghubungkan suatu jaringan.

Pada XBee terdapat dua tipe mode komunikasi, yaitu mode (AT) dan mode *Application Programming Interface* (API)[3]. Mode AT (*attention*) disebut juga transparent mode, transparent mode digunakan untuk mengirim data melewati XBee radio tujuan yang telah ditentukan. Saat data diterima, data dikirimkan melalui serial port sebagaimana data tersebut dikirimkan dari *transmiter*. Aplication programming interface (API) dibuat sebagai satandar *interface* untuk mengizinkan suatu program

komputer dapat berinteraksi dengan program lainnya. API tidak dirancang untuk *human interface* secara langsung.



Gambar 2.12 XBee

2.4 Data Mining

Data mining [13] adalah teknologi baru dan berhasil diterapkan pada banyak bidang, tujuan keseluruhan dari Proses data mining adalah untuk mengekstrak informasi dari kumpulan data dan mengubahnya menjadi struktur dimengerti untuk lebih lanjut menggunakan. Data mining terutama digunakan untuk klasifikasi Model dan prediksi.

a. Algoritma ID3

Algoritma Pohon Keputusan ID3 [12] atau Iterative Dichotomiser 3 (ID3) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membuat pohon keputusan yang telah dikembangkan oleh J. Ross Quinlan sejak tahun 1986. Algoritma pada metode ini menggunakan konsep dari entropy informasi. Algoritma ini melakukan pencarian secara rakus/menyeluruh (greedy) pada semua kemungkinan pohon keputusan.

Secara ringkas, langkah kerja Algoritma ID3 dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Hitung Entropy dan Information gain dari setiap atribut dengan menggunakan rumus:

$$Entropy(S) = -P_+ \log_2 P_+ - P_- \log_2 P_- \quad (1)$$

Dimana:

S = ruang (data) sample yang digunakan untuk training.

P_+ = jumlah yang bersolusi positif (mendukung) pada data sample untuk kriteria tertentu.

P_- = jumlah yang bersolusi negatif (tidak mendukung) pada data sample untuk kriteria tertentu.

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{v \in \text{Nilai}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \quad (2)$$

Dimana:

S = ruang (data) sample yang digunakan untuk training.

A = atribut.

V = suatu nilai yang mungkin untuk atribut A .

$\text{Nilai}(A)$ = himpunan yang mungkin untuk atribut A .

$|S_v|$ = jumlah sample untuk nilai V .

$|S|$ = jumlah seluruh sample data.

$Entropy(S_v)$ = entropy untuk sample-sample yang memiliki nilai V .

Tujuan dari pengukuran nilai information gain adalah untuk memilih atribut yang akan dijadikan cabang pada pembentukan pohon keputusan. Pilih atribut yang memiliki nilai information gain terbesar.

2. Bentuk simpul yang berisi atribut tersebut.
3. Ulangi proses perhitungan information gain yang akan terus dilaksanakan sampai semua data telah termasuk dalam kelas yang sama. Atribut yang telah dipilih tidak diikutkan lagi dalam perhitungan nilai information gain.

ID3 berhenti jika atribut sempurna mengklasifikasikan training sets. Atau secara rekursif mengoperasikan nilai n, dimana n adalah banyaknya nilai kemungkinan dari suatu untuk mendapatkan atribut terbaik. Adapun sample data yang digunakan oleh ID3 memiliki beberapa syarat, yaitu:

1. Deskripsi atribut-nilai. Atribut yang sama harus mendeskripsikan tiap contoh dan memiliki jumlah nilai yang sudah ditentukan.
2. Kelas yang sudah didefinisikan sebelumnya. Suatu atribut contoh harus sudah didefinisikan, karena mereka tidak dipelajari oleh ID3.
3. Kelas-kelas yang diskrit. Kelas harus digambarkan dengan jelas. Kelas yang kontinu dipecah-pecah menjadi kategori-kategori yang relatif, misalnya saja metal dikategorikan menjadi “hard, quite hard, flexible, soft, quite soft”.
4. Jumlah contoh (example) yang cukup. Karena pembangkitan induktif digunakan, maka dibutuhkan test case yang cukup untuk membedakan pola yang valid dari peluang suatu kejadian.

b. Algoritma C4.5

Algoritma Pohon Keputusan C4.5 atau Classification version 4.5 adalah pengembangan dari algoritma ID3. Oleh karena pengembangan tersebut, algoritma C4.5 mempunyai prinsip dasar kerja yang sama dengan algoritma ID3. Classification adalah bentuk analisis data yang menggambarkan kelas data penting. C4.5 adalah salah satu algoritma klasifikasi yang paling klasik di data mining, namun bila digunakan dalam perhitungan efisiensi sangat rendah. Algoritma data mining C4.5 merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk melakukan klasifikasi atau segmentasi atau pengelompokan dan bersifat prediktif. Dasar algoritma C4.5 adalah pembentukan pohon keputusan (decision tree). Cabang-cabang pohon keputusan merupakan pertanyaan klasifikasi dan daun-daunnya merupakan kelas-kelas atau segmensegmennya. Algoritma C4.5 merupakan salah satu algoritma machine learning. Dengan algoritma ini, mesin (komputer) akan diberikan sekelompok data untuk dipelajari yang disebut learning dataset. Kemudian hasil dari pembelajaran selanjutnya akan digunakan untuk mengolah data-data yang baru yang disebut test dataset. Karena algoritma C4.5 digunakan untuk melakukan klasifikasi, jadi hasil dari pengolahan test dataset berupa pengelompokan data ke dalam kelas-kelasnya.

Secara umum alur proses algoritma C4.5 untuk membangun pohon keputusan dalam data mining adalah :

- a. Pilih atribut sebagai simpul akar.
- b. Buat cabang untuk tiap-tiap nilai.
- c. Bagi kasus dalam cabang.

- d. Ulangi proses untuk setiap cabang sampai semua kasus pada cabang memiliki kelas yang sama.

Pemilihan atribut sebagai simpul, baik akar (root) atau simpul internal didasarkan pada nilai Gain tertinggi dari atribut-atribut yang ada. Perhitungan nilai Gain digunakan rumus seperti dalam Persamaan 1.

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i) \quad (1)$$

Dimana :

- S : Himpunan kasus
- A: Atribut
- N : Jumlah partisi atribut A
- $|S_i|$: Jumlah kasus pada partisi ke-i
- $|S|$: Jumlah kasus dalam S

Untuk menghitung nilai Entropy dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n - p_i * \log_2 p_i \quad (2)$$

di mana:

- S : Himpunan kasus
- n : Jumlah partisi S
- p_i : Proporsi dari S_i terhadap S

Tahapan-tahapan data mining menggunakan C4.5 sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data.
- b. Melakukan proses cleaning data.

Proses cleaning data merupakan proses pembersihan pada data seperti memeriksa kondisi data, menghilangkan redundansi data, memperbaiki kesalahan pada data, dan menghilangkan beberapa data yang tidak lengkap ataupun data yang tidak diperlukan.

- c. Melakukan proses transformation data.

Proses transformation data merupakan pengelompokan atau penyederhanaan data.

- d. Melakukan proses perhitungan algoritma C4.5.

Setelah data dikumpulkan, dilakukan proses cleaning , dan dilakukan transformation data, selanjutnya data akan diproses menggunakan perhitungan algoritma C4.5 untuk menghasilkan pohon keputusan (decision tree).

- e. Pembentukan pohon keputusan (decision tree).

Pohon keputusan(decision tree) terbentuk setelah dilakukan proses perhitungan algoritma C4.5 dengan memilih atribut yang dijadikan sebagai akar (root) didasarkan pada nilai Gain tertinggi dari beberapa atribut yang digunakan.

Perbedaan utama C4.5 dari ID3 adalah:

1. C4.5 dapat menangani atribut kontinyu dan diskrit.
2. C4.5 dapat menangani training data dengan missing value.
3. Hasil pohon keputusan C4.5 akan dipangkas setelah dibentuk.
4. Pemilihan atribut yang dilakukan dengan menggunakan Gain Ratio.

2.5 Raspberry Pi

Aplikasi *web server* [8] cenderung dijalankan pada *hardware* yang berspesifikasi tinggi. Kecendrungan ini dikarenakan adanya ekspektasi bakal banyak permintaan yang harus ditangani secara bersamaan oleh aplikasi *web server* tersebut sehingga memerlukan *hardware* yang relatif besar agar dapat melayani dengan baik. Sebagai contoh, spesifikasi *hardware* Dell PowerEdge R620 E5-2690 yang lazim dipergunakan untuk menjalankan aplikasi *web server* adalah sebagai berikut: prosesor Intel Xeon E5-2609 2.40GHz, memori 8GB (2x4GB), *harddisk* RAID dengan delapan buah HDD, dan memakai daya 100W [1] serta berdimensi 1U (19" x 1,75" x 17,7") dan memiliki berat 18,58kg. Tetapi di lapangan kebanyakan aplikasi *web server* tidak akan menangani sebeginu banyak permintaan sehingga bakal tidak akan memanfaatkan sepenuhnya potensi dari *hardware* yang dimilikinya.

Hardware dengan spesifikasi [12] demikian harus ditempatkan pada suatu ruang server khusus dan kurang sesuai untuk pemakaian yang bersifat *mobile* atau *semimobile*. Misalnya: pada sistem pemantauan lingkungan yang ditempatkan pada lokasi-lokasi terpencil (e.g. di tengah hutan) dimana data pantauannya hanya diakses oleh suatu sistem lain agar dapat diarsipkan dan dianalisa lebih lanjut oleh para peneliti; pada sistem pengukuran di daerah-daerah ekstrim (e.g. daerah kutup) dimana hasil pengukurannya perlu diakses secepat mungkin oleh para peneliti yang terlibat baik yang berada di lokasi pengukuran maupun yang berada di lokasi lain; atau pada sistem yang dipakai oleh tim asesmen suatu daerah bencana dimana hasil asesmennya perlu segera diakses oleh sejumlah pihak yang berkepentingan dengan

bencana tersebut. Dari ketiga contoh sistem ini penempatan hardware jelas tidak bisa pada ruang khusus tetapi harus dibawa ke lokasi pemakaian dan permintaan yang harus ditanganipun tidak terlalu besar sehingga hardware dengan spesifikasi di atas akan tidak sesuai. Salah satu alternatif untuk menanggulangi kebutuhan akan spesifikasi hardware yang tinggi ini adalah dengan memanfaatkan Raspberry Pi.

Raspberry Pi [12] merupakan komputer mini yang memiliki ukuran kecil yaitu sebesar kartu ATM tetapi mampu menjalankan tugas yang sama dengan komputer PC. Spesifikasi teknis Raspberry Pi terdiri atas: prosesor Broadcom BCM2835 700MHz, memori 512MB untuk Tipe B atau 256MB untuk tipe A, pemakai SD Card sebagai pengganti harddisk, dan memakai daya 2,5W serta berdimensi 3,37" x 2,21" x.



Gambar 2.13 Topologi alternatif web server pada perangkat Raspberry Pi

2.6 Arduino Ethernet Shield

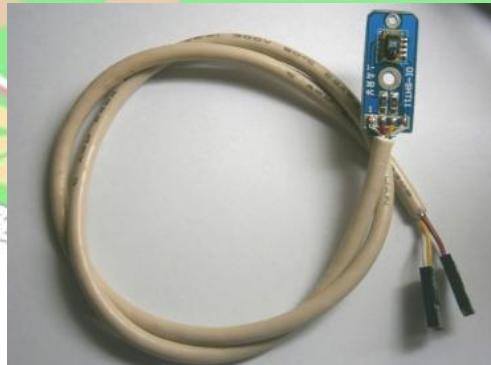
Ethernet Shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Ethernet[9] shield berbasiskan cip ethernet Wiznet W5100. Ethernet *library* digunakan dalam menulis program agar arduino board dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan arduino ethernet shield. Arduino board berkominikasi dengan W5100 SPI (Serial Peripheral Interface). Komunikasi ini

diatur oleh library SPI.h dan Ethernet.h. Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada Arduino Uno. Pin digital 10 digunakan untuk memilih cip W5100. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan ethernet shield. DFRduino Ethernet shield adalah sebuah *clone* dari arduino Ethernet shield yang dibuat oleh DFRobot.



Gambar 2.14 Arduiono Ethernet Shield

2.7 Sensor Suhu dan Kelembaban (SHT11)



Gambar 2.15 Sensor SHT11

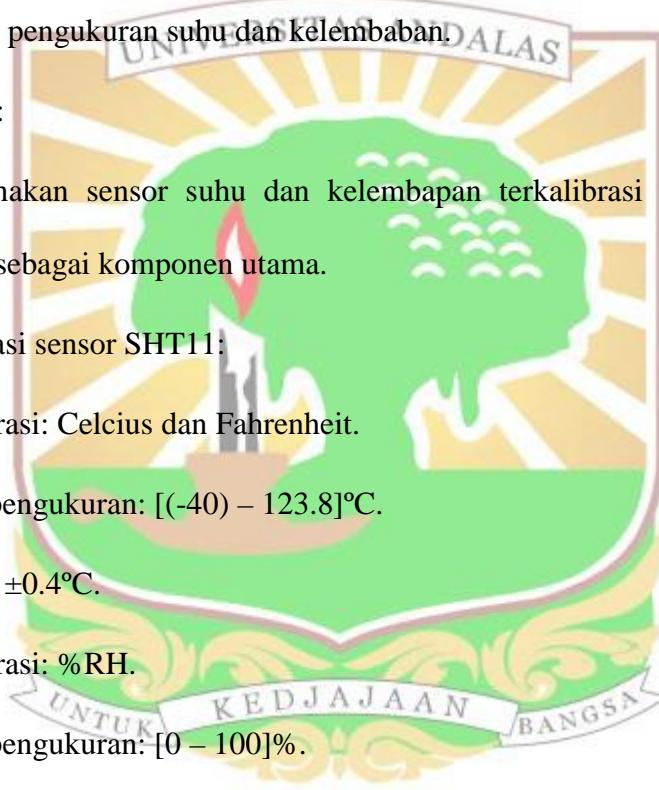
SHT11 Sensor ini merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini tergolong komponen yang

memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik, apalagi digandeng dengan kemampuan mikrokontroler 8 bit seperti Arduino.

SHT11 memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi ini disimpan dalam memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka module ini membaca koefisien sensor tersebut. Ukurannya yang kecil, dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban.

Spesifikasi :

- Menggunakan sensor suhu dan kelembapan terkalibrasi produk sensirion, SHT11, sebagai komponen utama.
- Spesifikasi sensor SHT11:
- Terkalibrasi: Celcius dan Fahrenheit.
- Daerah pengukuran: $[-40] - 123.8^{\circ}\text{C}$.
- Akurasi: $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$.
- Terkalibrasi: %RH.
- Daerah pengukuran: $[0 - 100]\%$.
- Akurasi: $\pm 3.0\%$
- Tegangan sumber: 2.4VDC – 5.5VDC.
- Output: serial dua lajur (two-wires serial).
- Tersambung dengan kabel serat yang terbungkus GND sepanjang 500mm dengan female-connector pada ujung kabel.



Deskripsi Perangkat Modul:

- Dimensi:
- Jumlah lajur: 4 + 1 (selubung = GND)
- Panjang: 500mm
- PCB: 12.2mm(X) x 28.8mm(Y) x 1.9mm(Z)

2.8 Sensor Kecepatan Angin

Sensor kecepatan angin atau disebut juga dengan pengukur kecepatan angin (Anemometer). Sensor ini di rancang berupa baling baling mangkok yang dibuat sedemikian rupa. Anemometer mengukur kecepatan angin dengan menutup kontak sebagai magnet bergerak melewati switch hingga setiap kecepatan angin 2.4 km/jam menyebabkan kontak atau pulsa terjadi 1 kali setiap satu detik.

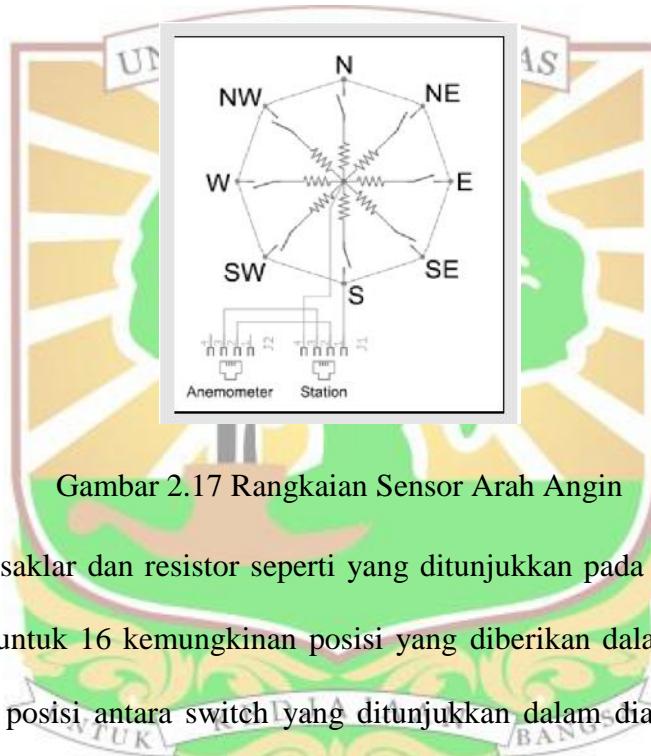


Gambar 2.16 Sensor Kecepatan Angin

2.9 Sensor Arah Angin

Arah angin dinyatakan dengan arah dari mana datangnya angin, misalnya: angin barat yang artinya angin datang dari barat, angin timur yang artinya angin datang dari

arah timur, dan sebagainya. Sensor arah angin ini memiliki delapan switch, masing-masing terhubung ke resistor yang berbeda. Baling-baling magnet akan menutup dua switch sekaligus, yang memungkinkan hingga 16 posisi berbeda yang akan ditunjukkan. Resistor eksternal dapat digunakan untuk membentuk pembagi tegangan, menghasilkan tegangan output yang dapat diukur dengan pengubah analog ke digital, seperti ditunjukkan di bawah ini,



Gambar 2.17 Rangkaian Sensor Arah Angin

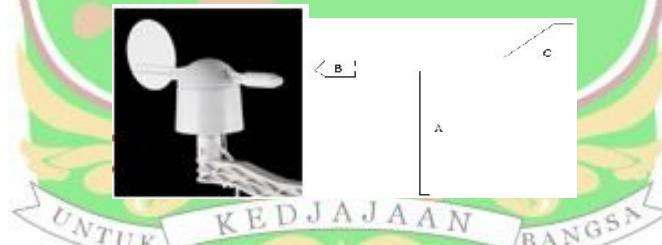
Pengaturan saklar dan resistor seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Nilai resistansi untuk 16 kemungkinan posisi yang diberikan dalam tabel 2.2. Nilai resistansi untuk posisi antara switch yang ditunjukkan dalam diagram adalah hasil dari dua resistor yang berdekatan yang dihubungkan secara paralel saat magnet baling-baling yang mengaktifkan dua switch secara bersamaan.

Tabel 2.2 Posisi Arah Angin

Arah Angin	
Volt	Arah Angin
3,84v	Utara
1,98v	Utara Utara Timur

2,25v	Timur Laut
0,41v	Timur Utara Timur
0,45v	Timur
0,32v	Timur Tenggara
0,90v	Tenggara
0,62v	Selatan Tenggara
1,40v	Selatan
1,19v	Selatan Barat Daya
3,08v	Barat Daya
2,93v	Barat Daya Barat
4,62v	Barat
4,04v	Barat Barat Laut
4,78v	Barat Laut
3,43v	Utara Barat Laut

Mekanik penentu arah angin ini berupa sirip untuk menunjukkan arah angin seperti yang terlihat pada Gambar 6. Sirip ini berfungsi untuk memutar sensor rotary untuk menunjukkan arah angin sesuai dengan arah datangnya angin.



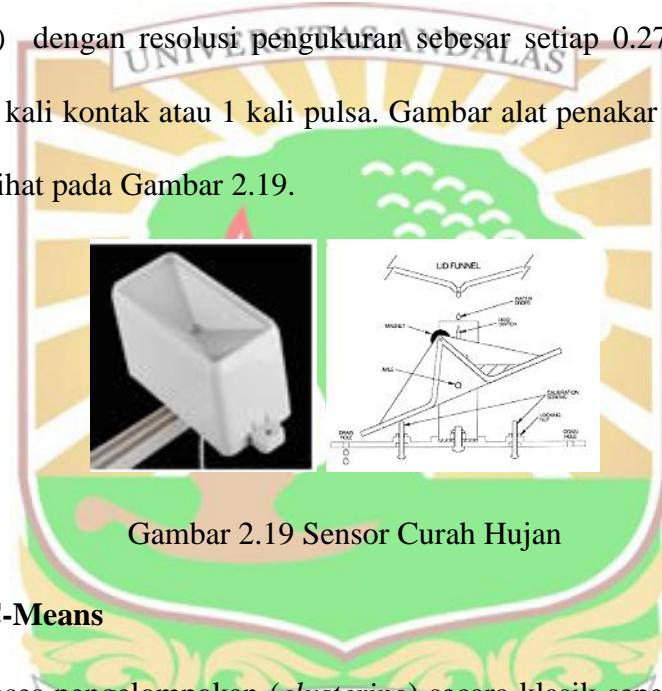
Gambar 2.18 Mekanik Penunjuk Arah Angin

Seperti terlihat pada Gambar 2.18, mekanik arah angin mempunyai poros vertikal

- A. Ekor angin C mempunyai daya tangkap angin yang lebih besar dari ujung mekanik
- B. Dengan demikian, maka dari manapun angin datang bertiup, ujung mekanik B senantiasa mengambil kedudukan menuju ke arah dari mana datangnya angin.

2.10 Sensor Curah Hujan

Sensor curah hujan merupakan sensor yang digunakan sebagai penakar curah hujan. Hujan atau tetesan air yang masuk kedalam corong menyebabkan satu penutupan kontak sesaat yang dapat direkam dengan counter digital atau mikrokontroler. Ada tiga jenis alat penakar hujan otomatis: *weighing bucket*, *tipping bucket*, dan *float*. Sensor curah hujan yang digunakan adalah tipe *tipping bucket* (bejana goyang) dengan resolusi pengukuran sebesar setiap 0.2794 mm air hujan menyebabkan 1 kali kontak atau 1 kali pulsa. Gambar alat penakar hujan tipe *tipping bucket* dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Sensor Curah Hujan

2.11 Fuzzy C-Means

Pada proses pengelompokan (*clustering*) secara klasik seperti pada algoritma *K-Means*, pembentukan partisi dilakukan sedemikian rupa sehingga setiap obyek berada tepat pada satu partisi. Namun, adakalanya tidak dapat menempatkan suatu obyek tepat pada suatu partisi, karena sebenarnya obyek tersebut terletak di antara 2 atau lebih partisi yang lain. Pada logika *fuzzy*, metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengelompokan sejumlah data dikenal dengan nama *fuzzy clustering*. *Fuzzy Clustering* lebih alami jika dibandingkan dengan pengklasteran secara klasik. Suatu algoritma *clustering* dikatakan sebagai *fuzzy clustering* jika algoritma tersebut

menggunakan parameter strategi adaptasi secara *soft competitive*. Sebagian besar algoritma *fuzzy clustering* didasarkan atas optimasi fungsi obyektif atau modifikasi dari fungsi obyektif tersebut (Kusumadewi, 2006).

Salah satu teknik *fuzzy clustering* adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). FCM adalah suatu teknik pengklasteran data yang keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh nilai/derajat keanggotaan tertentu. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981 (Kusumadewi, 2006). Berbeda dengan teknik pengklasteran secara klasik (dimana suatu obyek hanya akan menjadi anggota suatu klaster tertentu), dalam FCM setiap data bisa menjadi anggota dari beberapa *cluster*. Batas-batas *cluster* dalam FCM adalah lunak (*soft*). Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan mendai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka akan terlihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif. Fungsi Obyektif yang digunakan pada FCM adalah (Kusumadewi, 2006):

$$J_w(U, V; X) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w (d_{ik})^2 \quad (2.1)$$

dimana $w \in [1, \infty)$,

$$d_{ik} = d(x_k - v_i) = \left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

x adalah data yang akan diklaster, dan v adalah matriks pusat *cluster*.

X dan v adalah matriks berukuran n x m:

nilai J_w terkecil adalah yang terbaik, sehingga:

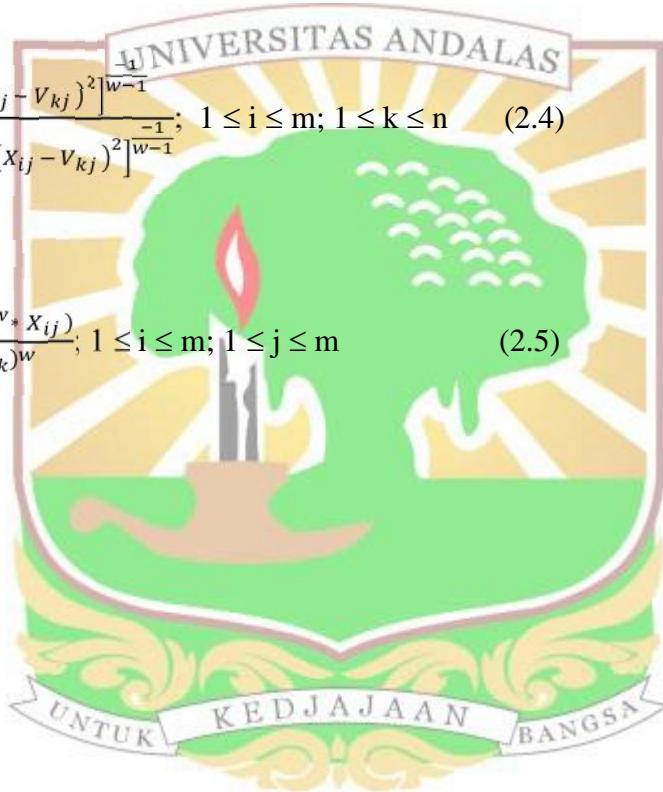
$$J_w^*(U^*, V^*; X) = \min J(U, V, X) \quad (2.3)$$

Jika $d_{ik} > 0, \forall i, k; w > 1$ dan X setidaknya memiliki m elemen, maka $(U, V) \in M_{fm} \times R^{mp}$ dapat meminimasi J_w hanya jika:

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^m \left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}}; \quad 1 \leq i \leq m; 1 \leq k \leq n \quad (2.4)$$

dan

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}; \quad 1 \leq i \leq m; 1 \leq j \leq m \quad (2.5)$$



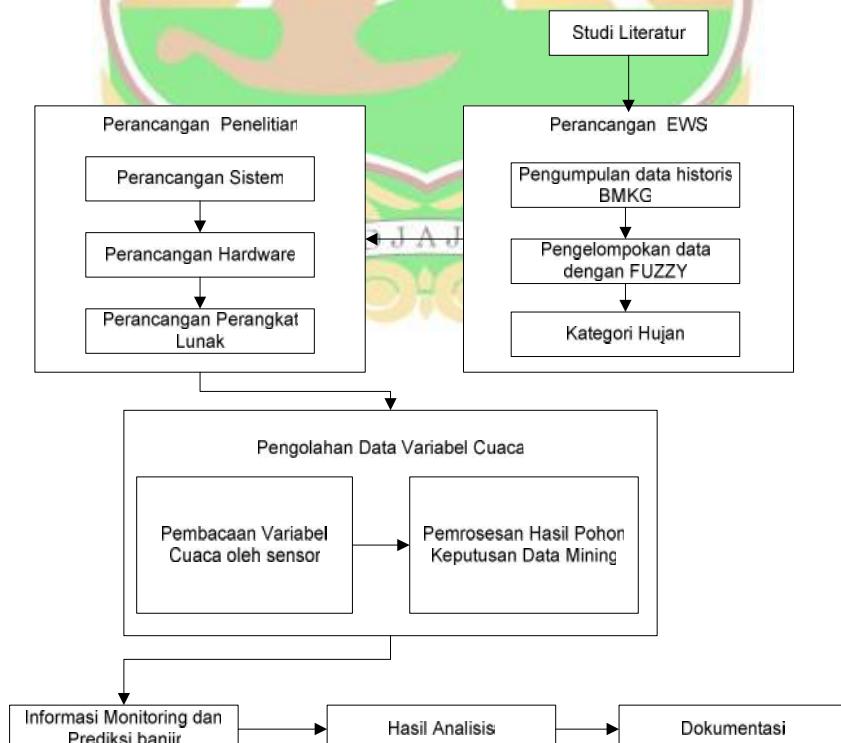
BAB III

PERANCANGAN

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka Indonesia merupakan Negara yang berada pada zona rawan bencana seperti banjir, longsor [1]. Suprapto (2011) menyatakan bahwa banjir merupakan bencana paling sering terjadi di Indonesia. Selama 2002-2010 telah terjadi 3.479 kali kejadian banjir di Indonesia. Salah satu upaya untuk menghindari akibat yang ditimbulkan bencana banjir dan longsor ini adalah dengan membangun sistem peringatan dini bencana banjir [1].

Dengan menggunakan WSN(Wireless Sensor Network) kita dapat meningkatkan aspek manajemen bencana. Sejumlah Studi telah menunjukkan penerapan WSN untuk fungsi jenis-jenis warning system sangat bermanfaat dan cocok [1]. Data dikumpulkan dari WSN memberikan otoritas dengan kemampuan untuk membuat prediksi yang membantu mereka dengan keputusan seperti mengeluarkan peringatan [1]. Dengan demikian maka jenis penelitian ini tergolong dalam penelitian experimental.



Gambar 3.1 Diagram Metologi Penelitian

3.2 Studi Literatur

Langkah ini merupakan usaha untuk memahami teori maupun metode yang akan digunakan dalam memecahkan permasalahan sehingga dapat menunjang penelitian ini yang bisa didapat dari buku-buku teks, jurnal-jurnal yang relevan dan penelitian– penelitian sebelumnya.

Teori yang dibahas dalam penelitian ini, antara lain yang berkaitan dengan data mining, Metoda Algoritma C4.5, Fuzzy Cluster Mean(FCM). Sensor SHTx sebagai pengukuran suhu udara dan kelembaban relatif, sensor curah hujan, kecepatan dan arah angin, Arduino microcontroller serta Raspberry Pi sebagai computer server pemroses pada EWS yang dibangun.

3.3 Perancangan Data Mining EWS(Early Warning System)

Pada perancangan data mining EWS ada tahapan yang harus dilalui yaitu pengumpulan data historis BMKG, pengelompokan data menggunakan *Fuzzy Cluster Mean*(FCM), kategori hujan berdasarkan BMKG, Algoritma C4.5.

3.2.1 Pengumpulan data historis BMKG

Tahap pertama dalam perancangan data mining EWS adalah mengumpulkan data dari stasiun BMKG Tabing. Data stasiun BMKG Tabing dipilih karena memiliki radius paling dekat dengan kejadian banjir dan galodo di batu busuk umumnya dan aliran batu busuk khususnya. Data dari stasiun berisikan 3 variabel cuaca yaitu curah hujan, kelembaban dan suhu, dikarenakan itu faktor utama yang menyebabkan banjir dalam kategori cuaca. Data BMKG yang dikumpulkan diambil secara 1 tahun penuh yaitu tahun 2012, di tahun itu terjadinya peristiwa banjir.

3.2.2 Pengelompokan Data dengan logika FCM.

Tahapan kedua yang harus dilakukan adalah membuat cluster dari data historis BMKG. Cluster bertujuan dalam penentuan EWS dengan menggunakan metoda Algoritma C4.5. Keluaran dari FCM merupakan deretan pusat cluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap data.

Tabel 3.1 Pembagian Himpunan Fuzzy

No	Variabel	Himpunan Fuzzy
1	Suhu(C)	Rendah
		Sedang
		Tinggi
2	Kelembaban(%)	Rendah
		Sedang
		Tinggi

3.2.3 Pengkategorian Curah Hujan

Hujan adalah tetesan air yang jatuh dari lapisan atmosfer baik yang sampai ke bumi maupun tidak. Banyaknya air hujan yang terkumpul dalam suatu tempat yang tidak menguap, meresap dan mengalir disebut “Curah Hujan” dan dinyatakan dalam satuan “milimeter”. Curah hujan 1 milimeter artinya dalam luasan 1 meter persegi tertampung air hujan setinggi 1 milimeter atau 1 liter.

Untuk intensitas hujan per jam, mengacu pada standar Internasional (WMO) adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Kategori Curah Hujan Perjam

No	Kategori Hujan	Intensitas hujan/jam
1	Ringan	0.1 – 5.0 mm
2	Sedang / Normal	5.0 – 10 mm
3	Sangat Lebat	> 20 mm

Kategori curah hujan digunakan untuk melihat kondisi terupdate di batu busuk, sehingga informasinya bisa di akses secara realtime. Sedangkan kategori hujan harian dapat dilihat pada table berikut:

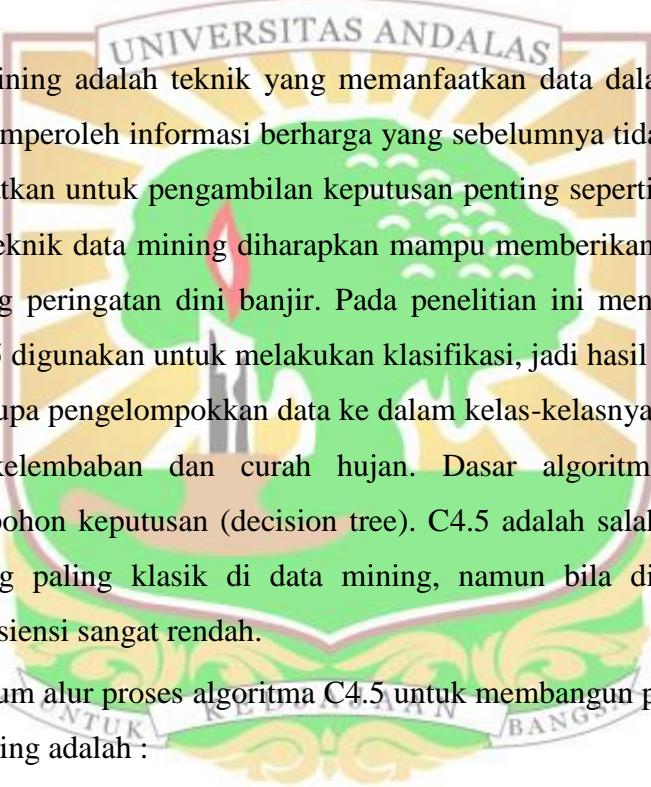
Tabel 3.3 Kategori Hujan Perhari

No	Kategori Hujan	Intensitas hujan/hari
1	Ringan	5 – 20 mm
2	Sedang / Normal	21 – 50 mm

3	Sangat Lebat	$> 51 \text{ mm}$
---	--------------	-------------------

Untuk kategori hujan harian akan di bandingkan dengan suhu dan kelembaban sehingga menghasilkan early warning system banjir menggunakan metoda Algoritma C4.5, dengan kategori berpotensi banjir dan tidak berpotensi banjir.

3.2.4 Algoritma C4.5 Untuk menghasilkan Pohon keputusan Warning System Banjir.



Data mining adalah teknik yang memanfaatkan data dalam jumlah yang besar untuk memperoleh informasi berharga yang sebelumnya tidak diketahui dan dapat dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan penting seperti prediksi banjir. Penggunaan teknik data mining diharapkan mampu memberikan informasi yang berguna tentang peringatan dini banjir. Pada penelitian ini menggunakan C4.5. Algoritma C4.5 digunakan untuk melakukan klasifikasi, jadi hasil dari pengolahan test dataset berupa pengelompokan data ke dalam kelas-kelasnya seperti keadaan temperature, kelembaban dan curah hujan. Dasar algoritma C4.5 adalah pembentukan pohon keputusan (decision tree). C4.5 adalah salah satu algoritma klasifikasi yang paling klasik di data mining, namun bila digunakan dalam perhitungan efisiensi sangat rendah.

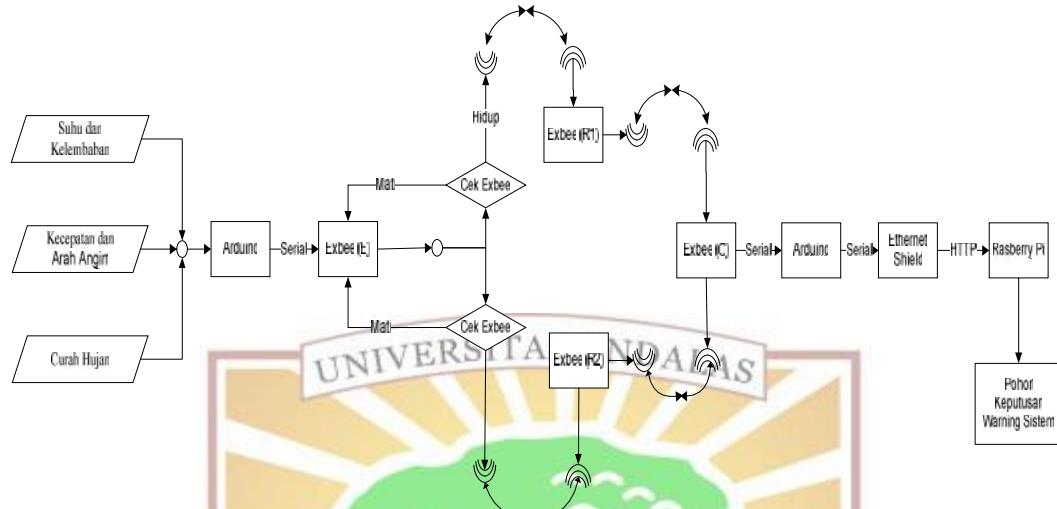
Secara umum alur proses algoritma C4.5 untuk membangun pohon keputusan dalam data mining adalah :

- Pilih atribut sebagai simpul akar.
- Buat cabang untuk tiap-tiap nilai.
- Bagi kasus dalam cabang.
- Ulangi proses untuk setiap cabang sampai semua kasus pada cabang memiliki kelas yang sama.

Pemilihan atribut sebagai simpul, baik akar (root) atau simpul internal didasarkan pada nilai Gain tertinggi dari atribut-atribut yang ada.

3.4 Perancangan Sistem

Secara umum, keseluruhan proses bekerjanya sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2. Alat yang akan dibangun diletakkan dibatu busuk.



Gambar 3.2 Block Diagram Sistem

Proses dari diagram blok diatas dapat dijelaskan bahwa diagram ini terdiri dari 3 bagian pokok yaitu :

a. Transmiter

Pada bagian transmitter ini memiliki beberapa sensor, diantaranya sensor curah hujan, kelembaban dan suhu serta kecepatan dan arah angin. Sensor-sensor itu akan diolah dengan menggunakan microcontroller mega2560 yang akan ditampilkan dalam bentuk serial, dimana data serial itu akan dikirim menggunakan wireless sensor network ke receiver.

b. Router

Setelah data dikirim dari transmitter akan diteruskan ke receiver melalui router, dikarenakan jarak antara transmitter dan receiver sangat jauh. Dalam proses perutean data, *router* bersifat melanjutkan transmisi paket data menuju alamat tujuan dalam jaringan. Fungsi ini membuat router harus selalu aktif dan membutuhkan daya lebih dalam operasinya. Dibagian router terdapat 2 router, dimana dengan adanya 2 router ini berfungsi untuk membuat jalur backup jika salah satu router mati atau tidak berfungsi, sehingga pengiriman data tidak terputus.

c. Reciever

Pada bagian ini data yang telah dikirim transmitter melalui router akan diterima oleh receiver melalui wireless sensor network dalam bentuk data serial. Pada receiver sendiri terdiri dari arduino, Ethernet shield, Xbee, RTC dan modem router. Data yang telah diterima melalui XBee, akan dikirim kembali ke raspberry pi yang berfungsi sebagai server, pengiriman itu sendiri menggunakan Ethernet shield, untuk itu membutuhkan modem internet router. Data yang dikirim akan ditambahkan tanggal dan jam pengiriman oleh rangkaian RTC. Sehingga kita dapat membandingkan berapa delay data saat dibatu busuk sampai ke server.

d. Raspberry Pi

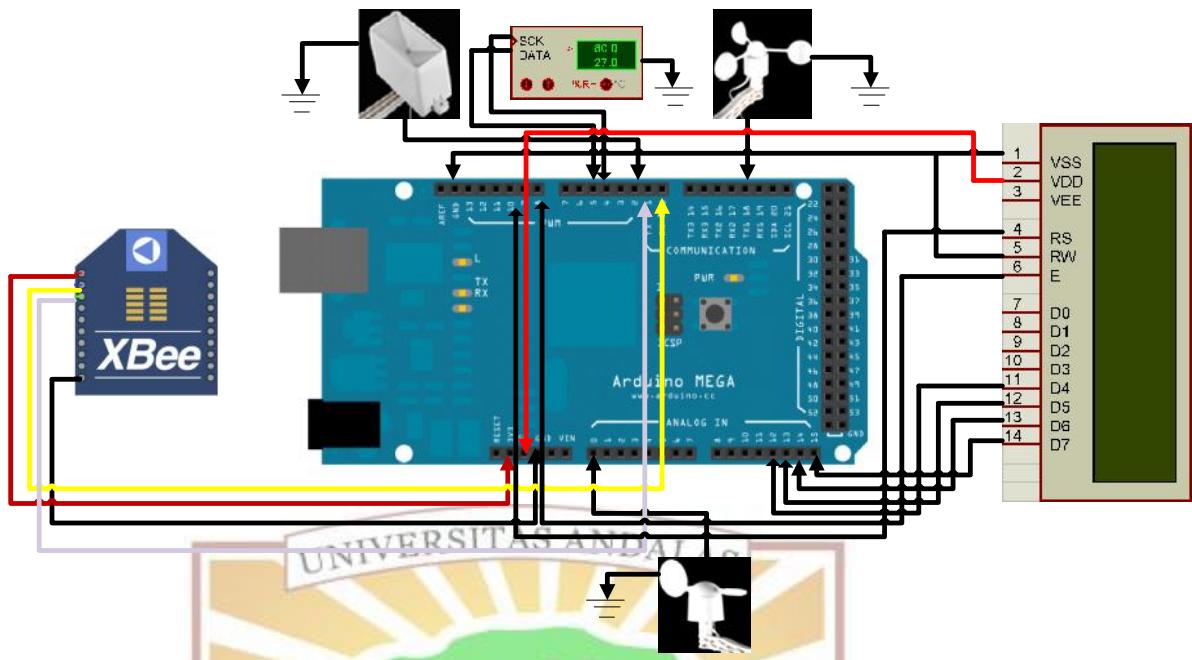
Setelah data semua di kirim dari batu busuk melalui beberapa tahapan yang dilalui, data akan disimpan ke raspberry pi yang berfungsi sebagai server untuk penyimpanan data sensor ke mysql, selain itu raspberry pi juga memiliki tugas sebagai web server untuk menampilkan EWS dalam bentuk web page, sehingga informasi dari batu busuk dapat di akses dimanapun dan kapapun dengan sarat terhubung kejaringan internet.

3.4.1 Perancangan Hardware

Perancangan hardware dibagi atas tiga kelompok yaitu, perancangan transmitter, router dan receiver. Berikut ini proses perancangan hardware dengan penjelasan masing-masing:

a. Transmitter

Secara umum transmitter terdiri dari beberapa hardware yaitu microcontroller mega2560, Xbee, sensor curah hujan, kelembaban, suhu dan kecepatan serta arah angin. Secara umum perancangan hardware dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.3 Perancangan Hardware Transmiitter

Tabel 3.4 berikut ini merupakan ketentuan pin mikrokontroler yang digunakan untuk inputan dari sensor dan output data.

Tabel 3.4 Port yang digunakan Mikrokontroler

PORT Arduino	PIN Arduino	Fungsi
PC0	PIN A0	Input sensor arah angin
PD18	PIN 18	Input sensor kecepatan angin
PD2	PIN 2	Input sensor curah hujan
PD4	PIN 4	Input pin SCK sensor suhu dan kelembaban (SHT11)
PD5	PIN 5	Input pin DATA sensor suhu dan kelembaban (SHT11)
PC12	PIN A15	Output lcd PIN D7
PC14	PIN A14	Output lcd PIN D6
PC13	PIN A13	Output lcd PIN D5
PC12	PIN A12	Output lcd PIN D4

PD8	PIN 8	Output lcd PIN E
PD9	PIN 9	Output lcd PIN RS
PD0	PIN0	RX Xbee
PD1	PIN1	TX Xbee

Adapun penjelasan dari setiap bagian perancangan hardware adalah sebagai berikut :

1. Sensor Suhu dan Kelembaban (SHT11)

Sensor suhu yang digunakan adalah jenis SHT11. Terdapat empat buah lajur kabel yang digunakan untuk terhubung ke mikrokontroller arduino.

Dengan fungsi tiap lajur kabel:

Tabel 3.5 Fungsi tiap lajur kabel

NO	Kabel	Fungsi
1	GND	Sumber (-)
2	VCC	Sumber (+)
3	Data	Output Sensor
4	Clk	Serial Clock

Menghubungkan lajur kabel VCC ke tegangan sumber positif (2.4VDC – 5.5VDC) pada port +5V arduino. Menghubungkan lajur kabel GND ketegangan sumber negatif atau nol. Menghubungkan lajur kabel DATA ke input pin 5 mikrokontroler arduino. Menghubungkan lajur kabel CLK ke output pin 4 mikrokontroler arduino. Nilai temperatur yang terukur dikirim ke port serial komputer(COM) dengan boudrate 9600 bps.

2. Sensor Kecepatan dan Arah Angin

Dalam perancangan alat untuk mengukur kecepatan angin, terdiri dari sensor yang menggunakan piringan sebagai alat bantu untuk menghasilkan pulsa pada sensor tersebut. Piringan tersebut diberi tanda hitam sebagai pembatas sinyal pada sensor. Piringan ini akan berputar akibat terpaan angin dengan kecepatan sesuai kecepatan angin.

Port yang digunakan untuk sensor kecepatan dan arah angin pada arduino yaitu Port digital (Pin 18) dan port analog (A0). Untuk sensor kecepatan angin berfungsi untuk mengukur kecepatan angin, menggunakan tiga buah piringan (cup) yang bergerak memutar tiang cup melewati switch hingga setiap kecepatan angin 1.492 MPH (2.4 km/h) menyebabkan kontak atau pulsa terjadi 1 kali setiap satu detik berubah-ubah yang proporsional dengan kecepatan angin. Sensor arah angin memiliki derajat kebebasan untuk mengetahui arah angin dalam rentang ukuran antara 0 - 360 derajat. Tegangan yang digunakan yaitu 5Volt dari rangkaian mikrokontroler arduino dan nilai resistansi sebesar 10Kohm pada rangkaian sensor arah angin.

3. Sensor Curah Hujan

Sensor curah hujan memiliki dua buah kabel yang masing-masing kabel terhubung ke Port (PD2) data arduino dan ke ground. Pada sensor kecepatan angin memiliki magnetik switch sebagai pemicu untuk sinyal masukan ke arduino sebagai data input.

4. Rangkaian LCD

Untuk rangkaian tampilan output yang digunakan pada LCD 16x2 akan menampilkan hasil pengukuran masing-masing sensor. Untuk kolom pertama akan tampilan data dari hasil pengukuran sensor SHT11. Sedangkan untuk kolom kedua menampilkan kecepatan dan arah angin.

5. XBee

XBee memiliki kabel yang masing-masing kabel terhubung ke Port (PD0) yang berfungsi sebagai RX data arduino, ke Port (PD1) yang memiliki fungsi TX. Dalam jaringan *End device* dapat menerima dan mengirim frekuensi RF, akan tetapi tidak berperan dalam menentukan perutean. *End device* dapat dioperasikan dalam keadaan diam (*sleep*) ketika tidak mengirim data sehingga menghemat daya.

Data sensor dari analog akan ditampilkan di serial melalui Arduino, setelah itu data akan dikirim oleh XBee yang berfungsi sebagai End Device ke XBee yang difungsikan sebagai Router melalui Radio Frekuensi (RF).

XBee yang bertindak sebagai perangkat komunikasi juga harus dikonfigurasi. Gambar 3.6 menunjukkan potongan susunan konfigurasi XBee menggunakan *software X-CTU*.

Berikut ini merupakan parameter-parameter yang dikonfigurasi/disediakan untuk membentuk XBee End Device yang digunakan pada Transmisi, yaitu:

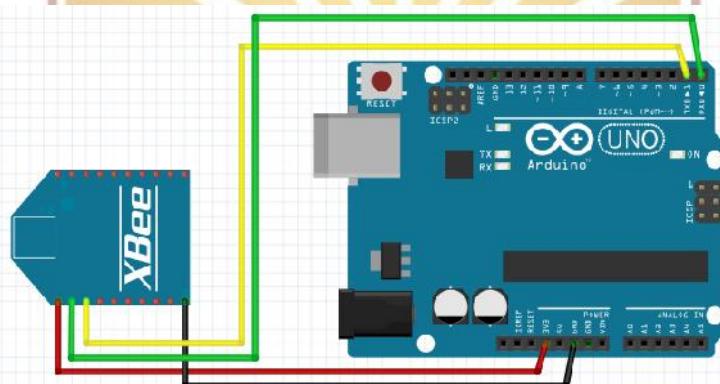
Tabel 3.6 Konfigurasi Xbee End Device

No	Keterangan	Value
1	Function Set	ZIGBEE END DEVICE AT
2	Version	22A7
3	ID PAN ID	2015
4	SC	FFF
5	SD	3
6	NJ	FE
7	DH	0 (Device akan berkomunikasi dengan coordinator)
8	DL	0 (Device akan berkomunikasi dengan coordinator)

9	NH	3
10	BH	3

b. Router

Router dapat berfungsi setelah bergabung dengan *PAN coordinator*. *Router* berperan dalam membawa *router* lain dan *and device* untuk bergabung dalam jaringan. Dalam proses perutean data, *router* bersifat melanjutkan transmisi paket data menuju alamat tujuan dalam jaringan. Fungsi ini membuat router harus selalu aktif dan membutuhkan daya lebih dalam operasinya.



Gambar 3.4 Perancangan Hardware XBee Sebagai Router

Router yang digunakan tertanam pada shield XBee yang langsung dapat dihubungkan pada sumber tegangan 5 Volt seperti terlihat pada Gambar 3.4. Kedua XBee yang bertindak sebagai Router menggunakan konfigurasi yang sama. Berikut merupakan parameter-parameter yang dikonfigurasi untuk membentuk Router yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

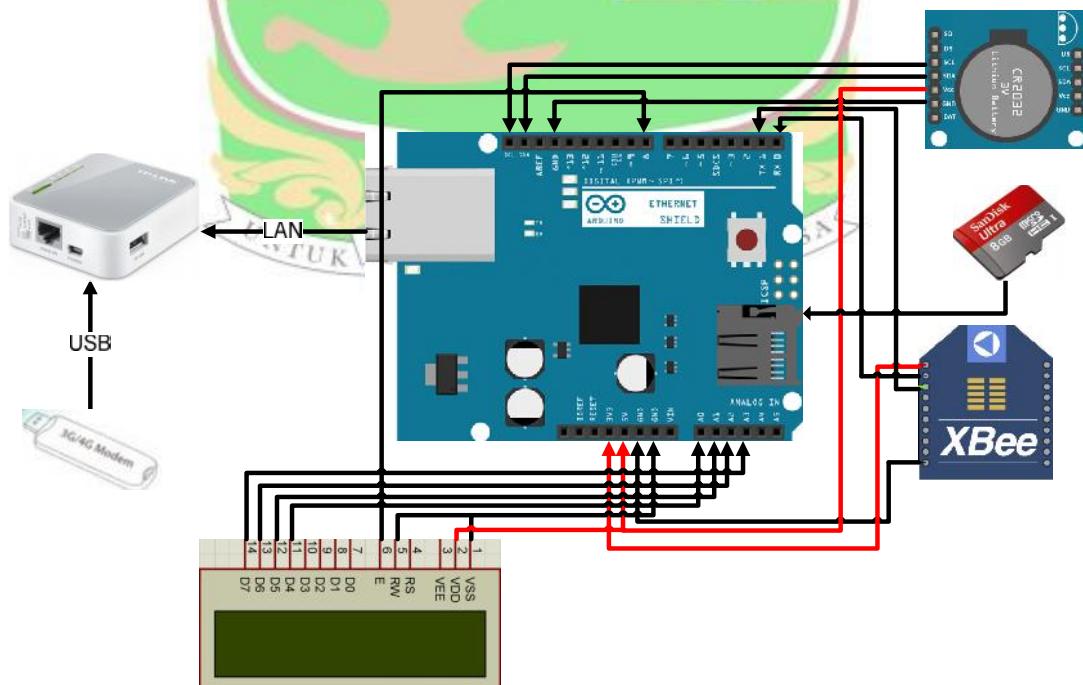
Tabel 3.7 Konfigurasi Xbee Router

No	Keterangan	Value
1	Function Set	ZIGBEE ROUTER AT
2	Version	22A7

3	ID PAN ID	2015
4	SC	FFF
5	SD	3
6	NJ	FF
7	JV	1(Enable)
8	DH	13A200
9	DL	40BDB75A
10	NH	3
11	BH	0

c. Reciever

Tipe *node* ini berfungsi dalam memilih kanal dan menjadi koordinator seluruh jaringan serta menentukan *router* (R) dan *end device* (E) untuk bergabung dalam jaringan. Coordinator juga berperan dalam proses *routing* data.



Gambar 3.5 Perancangan Hardware Reciever

Dalam perancangan Coordinator ini terdiri dari beberapa perangkat keras diantaranya yaitu:

1. Ethernet shield akan menempel pada arduino, dimana Ethernet shield berfungsi untuk mengirim data dari batu busuk ke server melalui modem router yang sudah tersambung kejaringan internet.
2. Rangkain RTC yang ini berfungsi untuk mengirim data tanggal serta jam dari batu busuk, agar kita dapat melihat delay dari batu busuk ke server raspberry pi. Pin yang digunakan SCL dan SCK pada arduino Ethernet shield.
3. Modem router internet memiliki fungsi untuk pengiriman data terakhir yang akan di server raspberry pi, modem router ini terhubung ke Ethernet shield menggunakan kabel LAN.
- d. Mikro SD yang terdapat pada Ethernet shield digunakan sebagai data logger jika terjadi terputusnya pengiriman data dari batu busuk, sehingga kita bisa menganalisa apa kejadian yang terjadi saat jaringan data terputus.
- e. Rangkai LCD 16x2 akan menampilkan hasil data sensor yang dikirim dari End Device melalui Router. Untuk kolom pertama akan tampilan data dari hasil pengukuran sensor SHT11. Sedangkan untuk kolom kedua menampilkan kecepatan dan arah angin.

Tabel 3.8 Konfigurasi Coordinator

No	Keterangan	Value
1	Function Set	ZIGBEE COORDINATOR AT
2	Version	22A7
3	ID PAN ID	2015
4	SC	FFF
5	SD	3
6	NJ	FF
7	DH	13A200
8	DL	40BDB75A

9	NH	3
10	BH	0

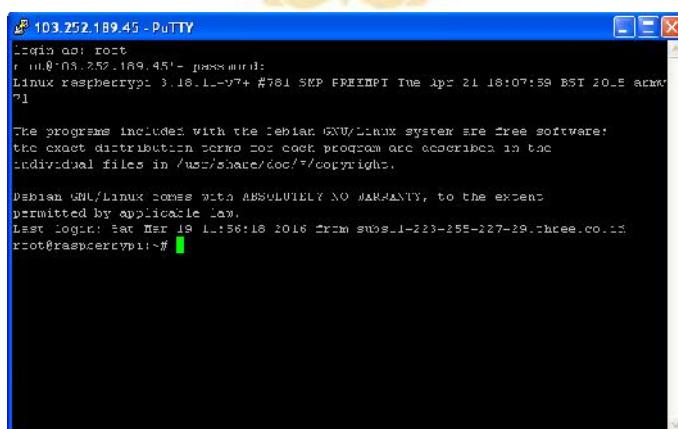
XBee bertindak sebagai perangkat penerima, untuk dapat bekerja dengan baik maka XBee di konfigurasi dengan menggunakan X-CTU menjadi COORDINATOR AT. Parameter-parameter yang dikonfigurasi adalah dapat dilihat pada table 3.8

3.4.2 Perancangan Software

Dalam perancangan Software ini bertujuan untuk menyimpan data sensor dari batu busuk dalam Mysql sehingga data tersebut akan diolah menggunakan Algoritma C4.5 yang menghasilkan pohon keputusan beruba rule-rule, data yang telah diolah menjadi pohon keputusan akan ditampilkan melalui aplikasi berbasis web page menggunakan PHP, sehingga bisa diakses melalui web browser seperti Mozilla dll. Untuk perancangan Software memiliki beberapa tahapan yaitu instalasi operating system, instalasi web server, instalasi database server dan aplikasi web page EWS.

a. Instalasi OS

Dalam instalasi OS(*operating system*) ini dilakukan di Raspberry Pi. Untuk menginstal sistem operasi Raspbian Wheezy pada Raspberry Pi memerlukan file image (.img) dari sistem operasi Raspbian, sebuah SD Card minimal 4GB Class 10. Caranya adalah dengan menggunakan program Disk Clone yang telah tersedia secara bawaan pada Ubuntu.



Gambar 3.6 Command Line OS Raspberry Pi

b. Instalasi Web Server

Ubuntu Server dapat menjalankan semua aplikasi tersebut secara realtime dan nonstop tanpa mengalami hang atau crash. Begitu pula untuk urusan Web. Banyak server-server web yang ada di dunia menggunakan Linux sebagai OSnya karena kestabilannya itu tadi. Web Server sendiri adalah sebuah sistem yang menyediakan wadah untuk halaman web agar dapat diakses oleh client. Yaitu ketika client mengirimkan permintaan HTTP, maka Web Server akan merespon dengan mengirimkan kode-kode HTML yang akan ditampilkan oleh browser. Ada 2 tahapan yang dilakukan dalam instalasi Web Server yaitu instalasi Apache, Apache merupakan aplikasi free berbasis Open Source yang dikenal tangguh dan sering dipakai oleh server-server di seluruh dunia. Setelah Apache terinstall langkah selanjutnya instalasi PHP5 PHP adalah sebuah bahasa pemrograman web yang sangat terkenal dan sering digunakan oleh para web programmer untuk membangun website. Hampir semua website-websit yang ada di Internet menggunakan PHP dalam pembuatannya. Akan tetapi secara default, Web Server Apache belum memiliki fungsi untuk dapat membaca skrip bahasa PHP ini. Oleh karena itu kita perlu menginstall layanan PHP5 agar Apache dapat membaca dan mengenali kode-kode PHP yang berekstensi .php

c. Instalasi Database Server

Database adalah tempat dimana kalian meletakkan file-file data yang diperlukan oleh sebuah website ataupun aplikasi. Berhubung pada saat ini hampir seluruh website sudah berwujud dinamis yang pastinya membutuhkan database. Ada beberapa tahapan dalam instalasi Database server yang pertama instalasi Mysql Aplikasi database yang cukup sering digunakan adalah Mysql dikarenakan kestabilan, kehebatannya juga gratis dan terakhir adalah Instalasi Phpmyadmin, Phpmyadmin adalah aplikasi yang berguna untuk mengkonfigurasi database Mysql melalui antarmuka web. Dengan Phpmyadmin sintaks-sintaks yang panjang tadi akan digantikan oleh beberapa klik mouse saja.

Tabel 3.9 Struktur Table Data Iklim

No	Field	Type	Keterangan
1	Id	int(11) NOT NULL	
2	id_wil	int(11) NOT NULL	Wilayah
3	n_hjn	int(11) NOT NULL	Nilai Curah Hujan
4	n_temp	double NOT NULL	Nilai Suhu
5	n_hum	double NOT NULL	Nilai Kelembaban
6	n_kec_angin	double NOT NULL	Nilai Kecepatan Angin
7	n_arah_angin	double NOT NULL	Nilai Arah Angin
8	tgl_xbe	date NOT NULL	Tanggal Batu Busuk
9	jam_xbe	time NOT NULL	Jam Batu Busuk
10	tgl_server	date NOT NULL	Tanggal Server
11	jam_server	time NOT NULL	Jam Server

Table 3.9 diatas merupakan struktur table data iklim, table data iklim tempat penyimpanan data sensor dari batu busuk ke server raspberry pi, didalam struktur table terdapat dua tanggal dan jam yaitu XBee dan server, ini dibutuhkan untuk membandingkan berapa delay dari data dari batu busuk ke server raspberry pi.

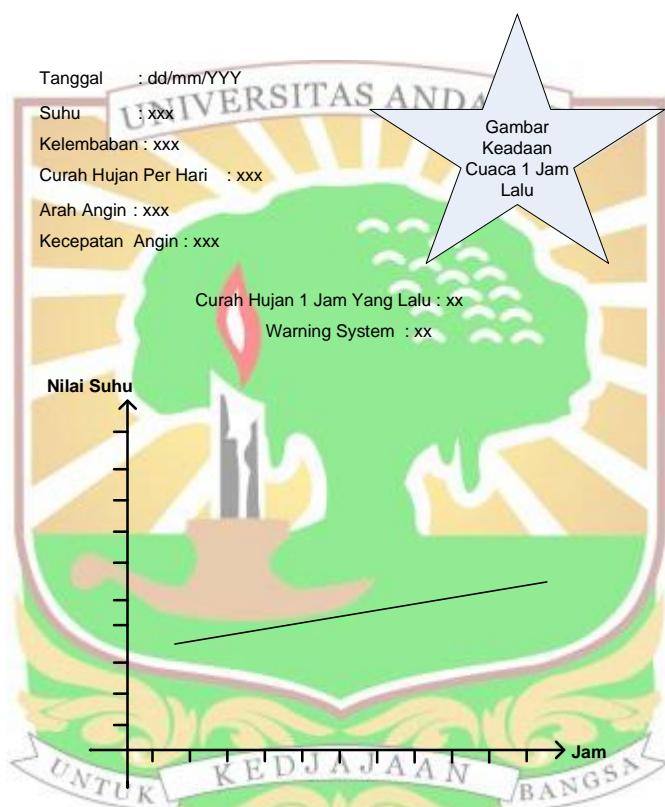
Tabel 310. Struktur Tabel Wind Direction

No	Field	Type	Keterangan
1	Id	double NULL	
2	Degree	double NULL	Derajat
3	resistance_	varchar(255) NULL	Resistansi
4	Voltage	varchar(255) NULL	Voltage
5	wind_direct	varchar(255) NULL	Arah Angin

Tabel 3.10 merupakan table yang berisikan nilai arah angin baik dari derajat arah angin sampai arah angin dalam bahasa Indonesia, data ini didapat dari data sheet sensor arah angin. Table ini berfungsi untuk ditampilkan di web page EWS dengan membandingkan derajat yang dikirim dari sensor terhadap degree table wind direction.

- d. Aplikasi Web Page EWS menggunakan bahasa pemograman PHP, PHP singkatan dari PHP Hypertext Preprocessor yang digunakan sebagai bahasa

script server-side dalam pengembangan web yang disisipkan pada document HTML. Penggunaan PHP memungkinkan Web dapat dibuat dinamis sehingga maintenance situs web lebih mudah dan effisien. PHP merupakan software open-source yang diberikan secara gratis. PHP dapat digunakan pada semua sistem operasi, antaranya Linux, Unix, Windows, dll. PHP juga memiliki kemampuan untuk mengolah keluaran gambar, file PDF, dan movies flash. PHP juga menghasilkan teks seperti XHTML dan file XML lainnya, PHP mendukung terhadap databases.

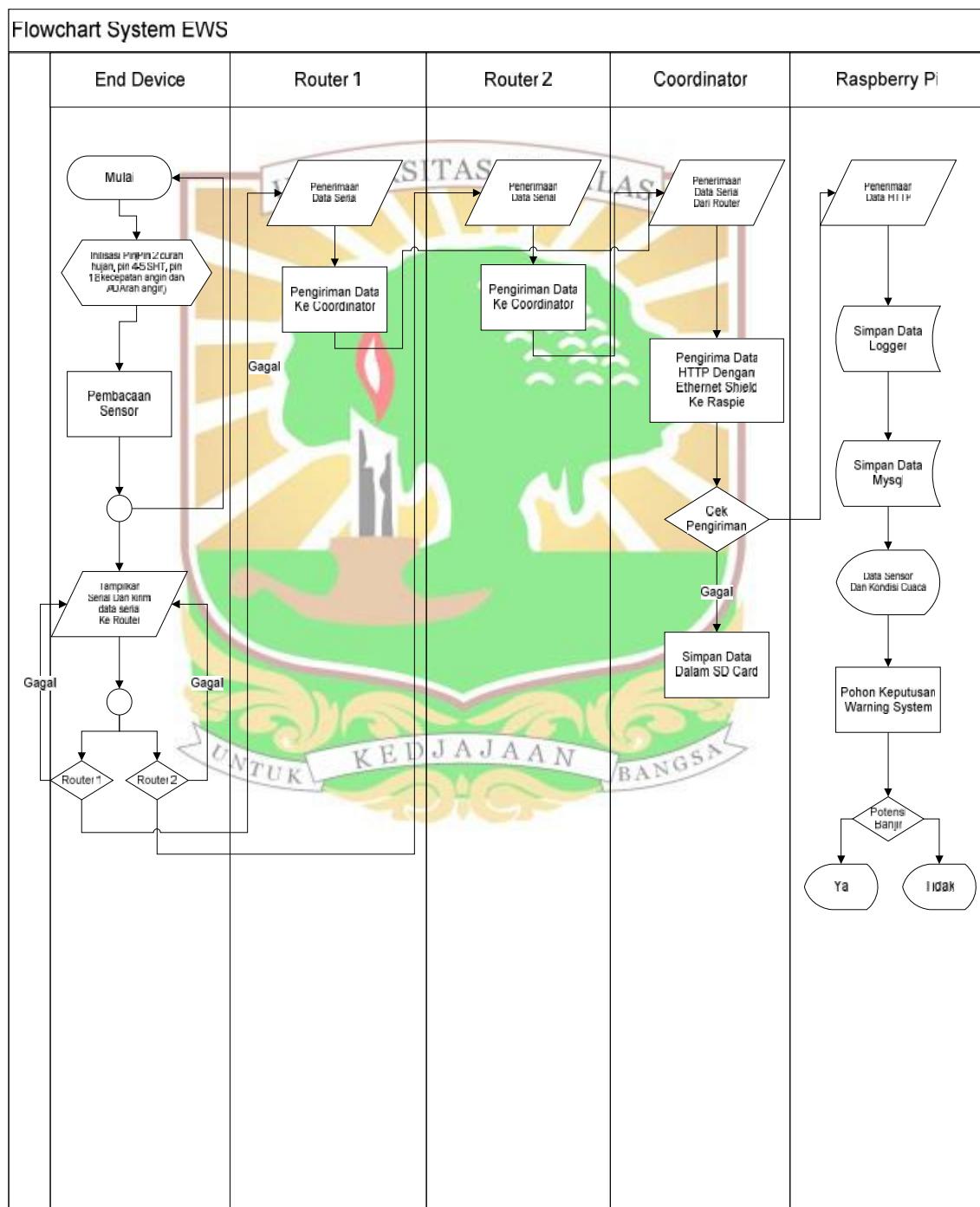


Gambar 3.7 Desain Web Page EWS

Pada gambar 3.7 dapat dilihat pembacaan sensor SHT11 yang menampilkan suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban relatif (%), curah hujan perhari(curah hujan selama 24 jam), arah angin dan kecepatan angin(Knot). Serta hasil analisis dan keberhasilan data mining dengan metoda Algoritma C4.5 untuk prediksi banjir pada EWS yang dibangun. Untuk keadaan realtime cuaca berdasarkan curah hujan seperti gambar tidak hujan disesuaikan dengan curah hujan 1 jam yang lalu, yang mana kriterianya disesuaikan dengan data kategori curah hujan BMKG.

3.5 Flowchart Sistem EWS

Flowchart adalah suatu bagan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. Sistem flowchart berfungsi penting sebagai media dan hardware yang digunakan dan proses yang berhubungan dengan sistem informasi.



Gambar 3.8 Flowchart Sistem EWS

Dari gambar 3.8 dapat dijelaskan bahwa flowchart system EWS atau alur kerja system EWS ini terdiri dari empat kelompok besar, yang pertama *End Device*, seperti yang dijelaskan sebelumnya End Device terdiri dari Mikrocontroller dan Sensor-sensor, yang kedua Router berfungsi memperkuat sinyal dari Coordinator agar dapat berkomunikasi, yang ketiga Coordinator bertujuan menampung data sensor sementara sehingga data itu akan dikirim kembali ke Raspberry Pi. Proses alur pertama berada pada End Device dimana terjadi inilisasi sensor kemudian akan dibaca dan ditampilkan dalam bentuk data serial, data serial akan dikirim melalui XBee yang berasal dari End Device, sebelum data dikirim ke Router, XBee akan melakukan RRQE diantara dua router yang sedang aktif dan memiliki jarak terdekat untuk dijangkau dalam proses pengiriman data serial, jika terjadi ke dua router dalam keadaan non aktif atau mati, maka XBee akan melakukan RRQE lagi, setelah End Device bisa berkomunikasi dengan Router data serial akan diteruskan ke Coordinator, data serial akan dikirim lagi melalui HTTP menggunakan Ethernet shield ke raspberry Pi, jika data gagal terkirim ke raspberry pi data tersebut akan disimpan ke dalam mikrosd yang berada pada Ethernet shield berupa data berbentuk text. Sedangkan data yang berhasil dikirim akan disimpan terlebih dahulu dalam data Log terakhir data akan disimpan dalam database Mysql. Data yang telah tersimpan dalam Mysql ditampilkan dalam aplikasi Web Page, dimana menampilkan cuaca satu jam yang lalu dan EWS yang diperoleh dari Algoritma C4.5 yang menghasilkan pohon keputusan dengan cara membandingkan kondisi saat kapan data dari sensor sesuai atau sama dengan keadaan pohon keputusan.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Hasil Pengukuran

Dalam Pengukuran terdapat beberapa hal yang akan diuji diantaranya *sensor suhu dan kelembaban*, *sensor kecepatan dan arah angin*, rangkaian *sensor curah hujan* yang bertujuan untuk melihat berapa persentase error sensor yang digunakan.

4.1.1 Sensor Suhu dan Kelembaban.

Pengujian sensor suhu dua cara yaitu :

- Menggunakan multimeter analog

Table 4.1 Data Pengujian dengan multimeter analog

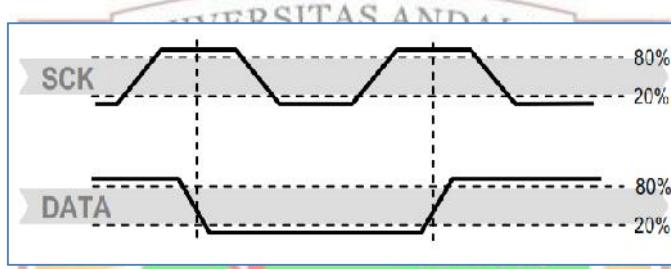
No	Jam	Suhu (°C)	Kelembaban (% RH)	Tegangan (Volt dc)
1	07:00	28	76	4 – 4,8
2	08:00	29	75	4 – 4,8
3	12:00	31	70	4 – 4,9
4	13:00	35	61	4 – 5,0

Dari data hasil pengukuran didapat range tegangan terukur pada saat mengukur suhu yaitu 4 – 5 Volt. Nilai tegangan yang terukur adalah sama pada kondisi suhu dan kelembaban yang berbeda-beda. Karena karakteristik dari sensor SHT11 memiliki pengukuran maksimum dari 20 ms (mili secon) untuk data 8 bit.

Temperatur akan bertambah ketika kelembaban / relative humidity (RH) berkurang pada saat waktu yang sama. Sensor SHT11 dapat membaca nilai suhu dari -40 – 123,8 °C. SCK digunakan untuk mensinkronisasikan komunikasi mikrokontroler dan sensor SHT11. Pin DATA pada sensor digunakan sebagai transfer data I/O sensor. Untuk mengirim perintah ke sensor, DATA seharusnya sejalan dengan serial clock (SCK) dan harus menunggu stabil ketika SCK bernilai high. Setelah SCK bernilai low maka

nilai data akan berubah. Untuk memberikan sinyal masukan ke mikrokontroler DATA seharusnya bernilai low. Resistor dpt digunakan sebagai pull-up eksternal. Resistor 10k diperlukan untuk menarik sinyal high.

Cara pengiriman instruksi pada sensor yaitu serangkaian awal pengiriman pulsa yang terdiri dari pulsa DATA yang aktif low ketika ketika SCK bernilai high, kemudian diikuti oleh sebuah pulsa low pada SCK dan pulsa DATA naik lagi ketika SCK masih bernilai high.



Gambar 4.1 Rangkaian awal pengiriman data

- Menggunakan termometer digital



Gambar 4.2 DHT thermometer digital

Hasil pengukuran sensor dan perbandingan suhu dengan alat thermometer digital tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor suhu

NO	Suhu HTC	Sensor	Error	% Error
	(°C)	Suhu (°C)		
1	33,9	35	-1,1	3,24
2	34,1	35	-0,9	2,64
3	34,2	35	-0,8	2,34
4	34,2	35	-0,8	2,34
5	34,1	35	-0,9	2,64
6	33,9	35	-1,1	3,24
7	33,9	34	-0,1	0,29
8	33,8	34	-0,2	0,59
9	33,5	34	-0,5	1,49
10	33,3	34	-0,7	2,10
Rata-rata % Error				2,09

Untuk menghitung Error dan % Error dapat dilihat pada rumus berikut:

$$\text{Error} = \text{Nilai suhu pembanding} - \text{Nilai pengukuran Suhu}$$

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{Error}|}{\text{Nilai suhu pembanding}} \times 100$$

$$\text{Rata - rata \% Error} = \frac{\text{Total \% Error}}{\text{Jumlah Hasil Pengukuran}}$$



Grafik 4.1 Percentase Ketepatan Sensor Suhu

Hasil pengukuran sensor kelembaban terhadap pengukuran thermometer digital. Kedua alat tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor suhu

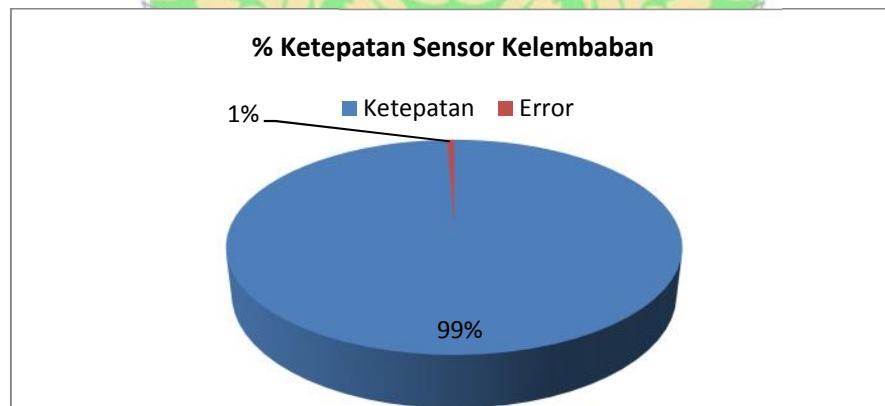
Kelembaban (%)	Sample Kelembaban (%)	Error	% Error
67	67	0	0
67	67	0	0
67	67	0	0
67	68	-1	1,49
67	67	0	0
68	68	0	0
68	68	0	0
68	68	0	0
68	68	0	0
Rata-rata % Error			0,15

Untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pembacaan alat ukur yang dibuat terhadap alat ukur pembanding, maka dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Error} = \text{Nilai pembanding} - \text{Nilai pengukuran}$$

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{Error}|}{\text{Nilai pembanding}} \times 100$$

$$\text{Rata-rata \% Error} = \frac{\text{Total \% Error}}{\text{Jumlah Hasil Pengukuran}}$$



Grafik 4.2 Percentase Sensor Kelembaban

4.1.2 Sensor Kecepatan Angin.

Pengujian sensor suhu dan kelembaban dilakukan dua cara yaitu :

- Menggunakan multimeter analog

Tabel 4.4 Pengujian Kecepatan angin dengan multi meter

No	Kecepatan Angin(Knot)	Tegangan (Volt DC)
1	0	0
2	0,87	3,8
3	9,56	1,6
4	13,25	1,6

Pada sensor kecepatan angin terdapat magnetik switch yang akan aktif apabila dilalui atau didekatkan oleh magnet. Dari hasil pengukuran kecepatan angin yang berbeda didapat empat keadaan. Keadaan pertama pada saat tidak ada angin, yaitu kecepatan angin sama dengan 0 km/jam tegangan terukur 0 Volt. keadaan ini dimana belum terjadi kontak antara magnetik switch dengan magnet. Keadaan kedua yaitu pada saat terdapat putaran angin pertama yang lambat, yaitu kecepatan angin 0,87 Knot didapat nilai tegangan terukur 3,8 Volt. keadaan kedua didapat karena magnet melewati magnetik switch sesaat. Sehingga terdapat tegangan yang nilai tegangannya sama dengan nilai tegangan output data arduino yang bernilai high. Keadaan ketiga yaitu disaat kecepatan angin terukur pada kecepatan 9,56 Knot menghasilkan tegangan yang stabil 1,6 Volt. Keadaan ke empat yaitu disaat kecepatan angin terukur pada kecepatan 13,25 Knot menghasilkan tegangan yang stabil 1,6 Volt. Maksudnya yaitu, disaat sensor berputar maka setiap kali magnet melewati magnetik switch maka terjadi impuls pull-up yang cara kerjanya sama halnya dengan limitswitch yang tidak mempertahankan kontaktornya saat terhubung tapi hanya sesaat memberikan impuls. Sehingga semakin kencang angin bertiup semakin cepat putaran sensor kecepatan angin maka semakin rapat dan stabil tegangan yang dihasilkan sensor pada saat pengukuran. Hal tersebut dikarenakan magnet

sering melewati magnetik switch dengan kecepatan sesuai dengan kecepatan angin yang ada.

- b. Kalibrasi untuk alat sensor kecepatan angin ini dilakukan di BMKG Sicincin



Gambar 4.3 Kecepatan angin digital BMKG Sicincin

Alat ukur pembanding yang ada pembacanya menggunakan satuan knot. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan sensor kecepatan angin yang dibuat dengan posisi yang sama disebelah sensor yang dibandingkan di BMKG Sicincin.

Hasil pengukuran kecepatan angin pada kedua alat tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian sensor kecepatan angin

Kecepatan Angin	Sample	Error	% Error
Knots	Knot		
5	5,15	-0,15	3,00
7	6,67	0,33	4,71
4	4,03	-0,03	0,75
3	3,12	-0,12	4,00
2	2,06	-0,06	3,00
8	8,37	-0,37	4,62
7	7,08	-0,08	1,14
3	3,27	-0,27	9,00

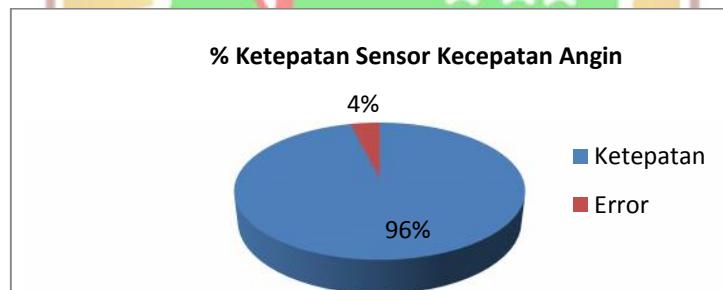
2	2,16	-0,16	8,00
4	3,98	0,02	0,50
% Rata-rata Error			3,87

Untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pembacaan alat ukur yang dibuat terhadap alat ukur pembanding, maka dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Error = \text{Nilai pembanding} - \text{Nilai pengukuran}$$

$$\% Error = \frac{|Error|}{\text{Nilai pembanding}} \times 100$$

$$\text{Rata - rata \% Error} = \frac{\text{Total \% Error}}{\text{Jumlah Hasil Pengukuran}}$$



Grafik 4.2 Percentase Ketepatan Sensor Kecepatan Angin

4.1.3 Sensor Arah Angin.

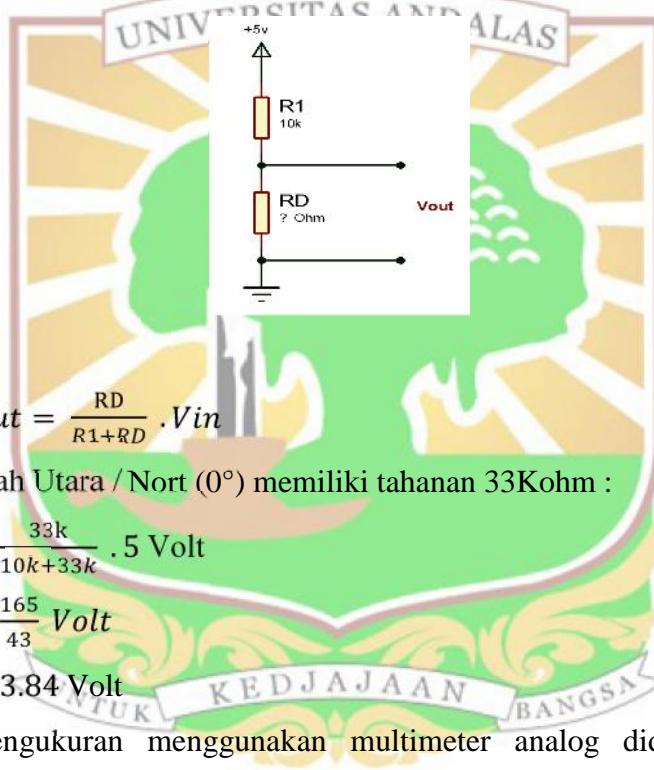
Tabel 4.6 Data sheet sensor arah angin

No	Direction (Degrees)	Voltage (V=5v, R=10k)	Arah Angin
1	0	3,84v	Utara
2	22,5	1,98v	Utara Utara Timur
3	45	2,25v	Timur Laut
4	67,5	0,41v	Timur Utara Timur
5	90	0,45v	Timur
6	112,5	0,32v	Timur Tenggara
7	135	0,90v	Tenggara
8	157,5	0,62v	Selatan Tenggara

9	180	1,40v	Selatan
10	202,5	1,19v	Selatan Barat Daya
11	225	3,08v	Barat Daya
12	247,5	2,93v	Barat Daya Barat
13	270	4,62v	Barat
14	292,5	4,04v	Barat Barat Laut
15	315	4,78v	Barat Laut
16	337,5	3,43v	Utara Barat Laut

Pada tabel diatas merupakan tabel dari datasheet sensor arah angin yang memiliki tahanan yang dipasang pada sensor.

Gambar 4.5 Rangkaian pembagi tegangan sensor kecepatan angin



$$\text{Nilai } V_{out} = \frac{R_D}{R_1 + R_D} \cdot V_{in}$$

Untuk arah Utara / Nort (0°) memiliki tahanan 33Kohm :

$$V_{out} = \frac{33k}{10k+33k} \cdot 5 \text{ Volt}$$

$$V_{out} = \frac{165}{43} \text{ Volt}$$

$$V_{out} = 3.84 \text{ Volt}$$

Hasil pengukuran menggunakan multimeter analog didapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Pengujian rangkaian sensor arah angin

Arah Angin		Sample (Volt)
Volt	Arah Angin	
3,84v	Utara	3,84v
1,98v	Utara Utara Timur	1,98v
2,25v	Timur Laut	2,25v
0,41v	Timur Utara Timur	0,41v
0,45v	Timur	0,45v

0,32v	Timur Tenggara	0,32v
0,90v	Tenggara	0,90v
0,62v	Selatan Tenggara	0,62v
1,40v	Selatan	1,40v
1,19v	Selatan Barat Daya	1,19v
3,08v	Barat Daya	3,08v
2,93v	Barat Daya Barat	2,93v
4,62v	Barat	4,62v
4,04v	Barat Barat Laut	4,04v
4,78v	Barat Laut	4,78v
3,43v	Utara Barat Laut	3,43v

Disaat magnet baling-baling sensor arah angin berputar, maka setiap derajatnya yang pada datasheet sensor memiliki 16 posisi akan menghasilkan tegangan yang berbeda-beda. Tegangan yang dihasilkan terjadi karena adanya keluaran dari pembagi tegangan yang diakibatkan oleh magnet yang menghubungkan magnetik switch. Dari tabel pengukuran datasheet sensor arah angin dapat dilihat bahwa hasil sama dengan datasheet sensor, dimana mempunyai kesalahan 0.

4.1.4 Sensor Curah Hujan

Tabel 4.8 Pengujian Sensor curah hujan

Counter Sensor Rain	Tegangan (volt DC)	Curah Hujan (mm)
1 x	4.6	0,2794
3 x	4.6	0,8382
5 x	4.6	1,397
7 x	4.6	1,9558

Cara kerja dari sensor *Rain Gauge* /curah hujan sama halnya seperti cara kerja limit switch. Didalam rangkaian sensor curah hujan terdapat magnetik switch. Magnetik switch pada dasarnya adalah sebuah saklar buluh, terbungkus dalam sebuah shell kaca/plastik. Kontak switch biasanya terbuka, menutup ketika ada medan magnet, atau biasanya tertutup dan membuka ketika ada medan magnet. Switch dapat digerakkan oleh sebuah magnet dekat dengan saklar. Setelah magnet yang menarik diri dari switch, magnetik switch akan kembali ke posisi semula. Pada keadaan

normal saklar dalam keadaan *normal close* tegangan terukur 4.6 Vdc. Pada saat air hujan mengisi dan memenuhi corong jungkat-jungkit dan air akan tumpah setelah corong terisi penuh. Tumpahan air akan mengakibatkan kontaktor switch akan terlepas sesaat (normali open) dan kembali tertutup setelah magnet manjauhi magnetik switch. Keadaan NC yang terjadi itu dimanfaatkan untuk memberikan informasi pada program arduino sebagai aktif LOW. Setiap kali magnetik switch terlepas, maka akan men-*counter* 1 x (satu kali) kontak / 1 pulsa. 1 kali kontak / 1 pulsa sama dengan 0.011 inch (0.2794 mm) air hujan.



Gambar 4.4 Alat pengukur curah hujan BMKG Sicincin

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sensor curah hujan bersebelahan dengan alat curah hujan BMKG Sicincin. Pengukuran dilakukan pada jarak waktu yang sama yaitu dari jam 18.30 WIB sampai jam 22.00 WIB, karena disaat itu hujan mulai turun.

Tabel 4.9 Hasil pengujian sensor curah hujan

Curah Hujan (mm)	Sensor Curah Hujan (inc)	Konversi Curah Hujan (mm)	Error	% Error
25,3	0,85	23,7	-1,6	6,32

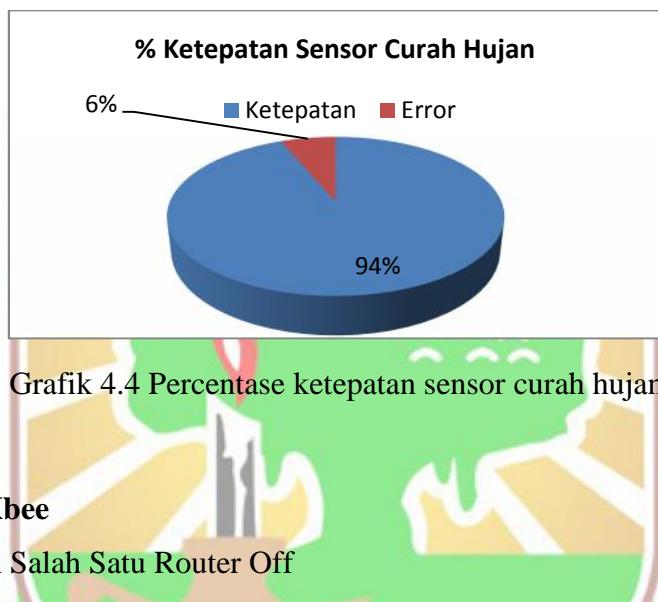
Berdasarkan hasil pengujian yang didapat seperti pada Tabel 12 dapat dilakukan perhitungan-perhitungan, pengukuran adalah sebesar 25,3 dibandingkan

dengan data sensor curah hujan 23,7 memiliki ketepatan sebagai berikut:

Error = Nilai pembanding – Nilai pengukuran

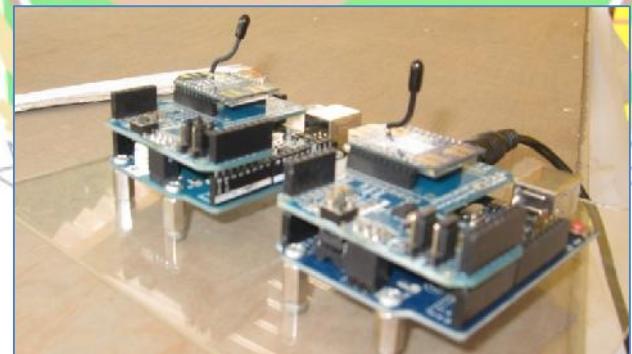
$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{Error}|}{\text{Nilai pembanding}} \times 100$$

$$\text{Rata-rata \% Error} = \frac{\text{Total \% Error}}{\text{Jumlah Hasil Pengukuran}}$$



4.1 Pengujian Xbee

4.1.1 Pengaruh Salah Satu Router Off



Gambar 4.5 Router XBee

Jaringan Mesh yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan dua router yang berfungsi ketika salah satu router mati (off), maka router yang lainnya dapat tetap meneruskan komunikasi, sehingga kontinuitas monitoring tetap dapat dijaga. Oleh karena itu, untuk membuktikan efektifitas kinerja jaringan Mesh yang dibuat, maka

dilakukan pengujian dengan mematikan salah satu router saat komunikasi berjalan, untuk melihat apakah terdapat pengaruh yang signifikan dalam proses pengiriman informasi. Tabel 4.9 menunjukkan hasil dari percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 4.10 Pengujian Pengaruh *Router 2 On/Off*

No	Router		End Device	
	R2	Time (hh:mm)	Komunikasi on	Komunikasi off
1	off 1	10:24		
2	off 2	10:25		
3	off 3	10:26		
4	off 4	10:27		
5	off 5	10:28		

Tabel 4.14 menunjukkan saat *Router 2* dimatikan (*off*) setiap 1 menit, komunikasi tetap berjalan, tanpa terjadi terputusnya komunikasi maupun penundaan pengiriman informasi. Kondisi ini terjadi karena pada awal percobaan jaringan telah terhubung dengan *router 1*, sehingga, baik *router 2* hidup ataupun mati, tidak akan berpengaruh terhadap komunikasi melalui *router 1*.

Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa terdapat pengaruh jika *router* yang menjadi jalur komunikasi dimatikan, maka dilakukan percobaan 2 dengan kondisi awal komunikasi aktif dengan menggunakan Router 2. Kemudian *Router 1* akan dimatikan (*off*), sehingga akan terlihat pengaruh terhadap jaringan komunikasi yang sedang bekerja. Tabel 4.11 Menunjukkan hasil percobaan 2.

Tabel 4.11 Pengujian Pengaruh Router On/Off

No	Router		Komunikasi		Time (hh:mm:ss)
	R1	R2	On	Off	
1	Off	On			10:01:00
2	Off	On			10:01:11
3	On	On			10:01:12
4	Off	On			10:02:00
3	On	Off			10:02:01
4	On	Off			10:02:10
5	On	On			10:02:11

Tabel 4.15 menunjukkan pada saat $t = 10:01:00$, *Router 1 off*, sehingga komunikasi terputus. Kondisi ini mengakibatkan *coordinator* harus mengirimkan RREQ untuk membangun ulang jalur komunikasi, dan karena hanya *Router 2* yang tersedia, maka *Router 2* digunakan sebagai jalur jaringan yang baru. Lamanya waktu yang dibutuhkan mulai dari jaringan terputus sampai dengan jaringan tersambung kembali adalah 11 detik.

Selanjutnya pada saat $t = 10:02:00$ menit, Router 1 kembali off, tapi tidak mempengaruhi jaringan yang ada karena jaringan saat ini menggunakan Router 2 sebagai jalur komunikasinya. Demikian pula dengan kondisi pada saat $t = 4.00$ menit. Tapi terjadi jaringan terputus untuk kasus pada saat $t = 10:02:01$, Komunikasi terputus saat Router 2 dimatikan dan membutuhkan waktu 09 detik untuk kembali membangun jaringan.

Dari Tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa proses self healing jaringan dapat bekerja dengan baik dan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh End Device untuk melakukan pembuatan jaringan komunikasi baru dapat dilihat saat komunikasi dari off ke on, saat pengujian no 1 ke no 2 terlihat selisih waktu dari 10:01:00 sampai 10:01:11 adalah 10s, kemudian terjadi off ke on lagi pada pengujian no 3 dan no 4 memiliki selisih waktu 9s, jadi rata-rata rata-ratanya dari kejadian itu 9,5s untuk bisa komunikasi on.

4.1.2 Pengujian Lamanya Waktu Network Recovery

Pengujian selanjutnya adalah pengujian untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan end device untuk membangun jalur komunikasi baru ketika jalur komunikasi yang ada terputus atau tidak dapat lagi digunakan.

Pengujian dilakukan dengan memati-hidupkan router secara bergantian dengan selang waktu tertentu, sehingga didapatkan selang waktu yang dibutuhkan untuk proses peralihan dari jaringan komunikasi yang putus kapada jalur komunikasi yang baru. Tabel 4.16 menampilkan lamanya waktu pembuatan jalur komunikasi baru (delay network recovery).

Tabel 4.12 Pengujian Delay Network Recovery Router Off/On

No	Router		Delay(s)
	R1	R2	
1	Off	On	12
2	On	Off	09
3	Off	On	10
4	On	Off	11
5	Off	On	11
6	On	Off	09
7	Off	On	12
8	On	Off	11
9	Off	On	12
10	On	Off	12
Rata-rata delay			10,9

Dari Tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa proses self healing jaringan dapat bekerja dengan baik dan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh end device untuk melakukan pembuatan jaringan komunikasi dari 10 kali percobaan, dengan rata-rata sebesar 10,9 detik

4.1.3 Pengujian Delay Network Recovery dengan Variasi Jarak

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan mengubah jarak antar device untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perbedaan jarak antar device terhadap waktu yang dibutuhkan untuk proses pembuatan jaringan komunikasi baru. Pengamatan dilakukan dimulai dengan jarak 250 m dengan kondisi lokasi pengamatan batu busuk.



Gambar 4.6 Jarak Setiap Device Xbee di batu busuk

Percobaan dimulai dengan memposisikan agar antara coordinator dan end device tidak dapat saling berkomunikasi secara langsung sehingga dibutuhkan bantuan router. jarak antara router dengan coordinator disamakan dengan jarak router dengan end device. Percobaan ini dilakukan dengan memati-hidupkan router 1 dan router 2 secara bergantian. Setelah router dimati-hidupkan bergantian, jarak antar device ditambah 1 meter untuk melihat pengaruh penambahan jarak terhadap waktu network recovery.

Tabel 4.17 menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses pembentukan jaringan komunikasi baru saat router dimatikan. Kolom Waktu I mewakili delay network recovery yang dialami jaringan dengan melewati router 1, dan Waktu II mewakili delay network recovery yang dialami jaringan dengan melewati router 2.

Tabel 4.13 Pengujian DNR dengan Variasi Jarak

No	Tx-R (m)	R-Rx (m)	Informasi			Waktu I (s)	Waktu II (s)
			Tx	R	Rx		
1	250	250				11	12
2	250	300				11	12
3	250	350				21	22
4	250	375				84	85
5	250	400	X	X	X	-	-

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa waktu network recovery yang didapat mengalami kenaikan mengikuti kenaikan nilai jarak antar device. Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan stopwatch, didapatkan bahwa untuk jarak 250 meter sampai dengan 375 meter, waktu yang dibutuhkan untuk proses recovery network memiliki nilai minimum 11 detik dan delay maksimum sebesar 85 detik. Akan tetapi untuk jarak 250m dari Endevice ke Router dan 400m dari router ke coordinator komunikasi terputus dikarenakan jarak maximal yang diuji adalah 375m.

Percobaan di atas dapat dikaitkan dengan delay transmisi data, yaitu waktu yang dibutuhkan data untuk sampai dari transmiter menuju receiver. Dalam transmisi komunikasi dalam sebuah medium, ketika gelombang informasi merambat tentu akan

membutuhkan waktu, waktu perambatan inilah yang membuat waktu kirim tidak sama dengan waktu terima. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin jauh jarak antar perangkat komunikasi yang digunakan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan informasi untuk sampai ke receiver.

4.2 Pengelompokan Data dengan Fuzzy Clustering Mean (FCM).

Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari stasiun Meteorologi Tabing Padang yang diukur perhari selama satu tahun yaitu data pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2012. Data yang dimaksud adalah data empat variabel cuaca yang telah disebutkan pada bab sebelumnya yaitu suhu,kecepatan angin, kelembaban udara, dan hujan. Data masukan yang digunakan adalah variable suhu, kelembaban untuk mendapatkan variabel pengelompokan untuk menghasilkan pohon keputusan menggunakan algoritma C4.5. Untuk mengelompokannya dibutuhkan aplikasi MATLAB.

Langkah Algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) diberikan sebagai berikut (Kusumadewi, 2010):

1. Menentukan data yang akan di *cluster* X, berupa matriks berukuran $n \times m$ (n =jumlah sampel data, m = atribut setiap data). X_{ij} = data sampel ke-i ($i=1,2,\dots,n$), atribut ke-j ($j=1,2,\dots,m$).
2. Menentukan:
 - Jumlah cluster = c
 - Pangkat = w
 - Maksimum interasi = MaxIter
 - Error terkecil yang diharapkan =
 - Fungsi objektif awal = $P_o = 0$
 - Interasi awal = $t = 1$
3. Membangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i=1,2,3 \dots, n$; $k=1,2,3 \dots c$; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal (U).

Menghitung jumlah setiap kolom:

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad (2.1)$$

dengan $j=1,2,\dots,n$.

Menghitung:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_i} \quad (2.2)$$

4. menghitung pusat cluster ke-k: V_{kj} , dengan $k=1,2,\dots,c$; dan $j=1,2,\dots,m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (2.3)$$

5. menghitung fungsi objektif pada interasi ke-t :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \quad (2.4)$$

6. menghitung perubahan matriks partisi :

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (2.5)$$

dengan: $i=1,2,\dots,n$; dan $k=1,2,\dots,c$.

Fungsi keanggotaan variabel-variabel cuaca didapatkan dari hasil Fuzzy Clustering Mean (FCM) data histori BMKG. Untuk variabel suhu, rentang suhu adalah 23,9-28,6C. Informasi fungsi keanggotaan untuk variabel suhu dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.14 Informasi Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

No	Nama Input	Keterangan	Standar Deviasi	Nilai Rata-rata
1	suhu_lo	Suhu Rendah	0,8012	25,48
2	suhu_av	Suhu Sedang	0,8012	26,49
3	suhu_hi	Suhu Tinggi	0,8012	27,41

Untuk fungsi keanggotaan masukan variabel cuaca kelembaban, memiliki rentang antara 70-99%. Fungsi keanggotaan kelembaban relatif dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.15 Informasi Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban

No	Nama Input	Keterangan	Standar Deviasi	Nilai Rata-rata
1	rh_lo	RH Rendah	4,7928	78,74
2	rh_av	RH Sedang	4,7928	84,09
3	rh_hi	RH Tinggi	4,7928	90,53

4.3 Data Mining Menggunakan Algoritma C4.5

Dalam pembuatan data mining kita harus mempunyai data historis, data dari 1 tahun pada tahun 2012 yang berasal dari BMKG tabing padang, karena pada tahun 2012 ada beberapa kejadian banjir dan galodo di batu busuk.

Algoritma C4.5 merupakan salah satu algoritma machine learning. Dengan algoritma ini, mesin (komputer) akan diberikan sekelompok data untuk dipelajari yang disebut learning dataset. Kemudian hasil dari pembelajaran selanjutnya akan digunakan untuk mengolah data-data yang baru yang disebut test dataset. Karena algoritma C4.5 digunakan untuk melakukan klasifikasi, jadi hasil dari pengolahan test dataset berupa pengelompokan data ke dalam kelas-kelasnya.

Ada beberapa tahapan sebelum menggunakan Algoritma C4.5 yaitu:

1. Mengumpulkan data harian dari BMKG 1 tahun pada 2012.
2. Melakukan proses cleaning data.

Proses cleaning data merupakan proses pembersihan pada data seperti memeriksa kondisi data, menghilangkan redundansi data, memperbaiki kesalahan pada data, dan menghilangkan beberapa data yang tidak lengkap ataupun data yang tidak diperlukan.

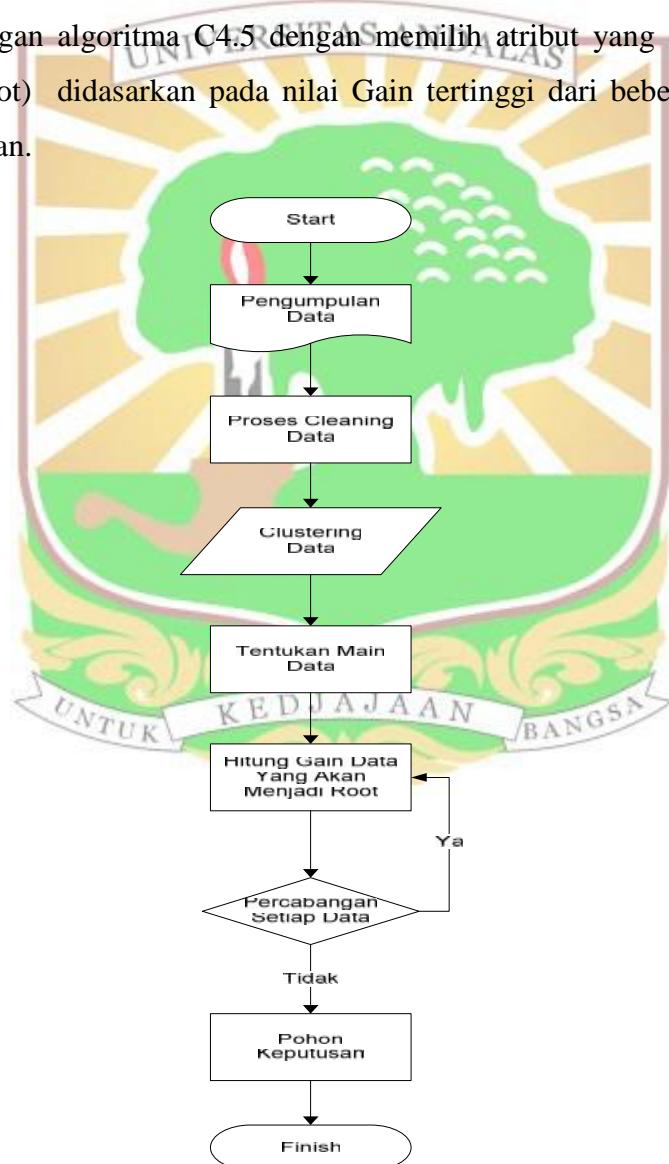
3. Melakukan proses transformation data.

Proses transformation data merupakan pengelompokan atau penyederhanaan data. Setelah pengelompokan selesai, tahap selanjutnya kita harus mencari historis kapan terjadinya banjir dan galodo dibatu busuk, dengan cari mencari di google. Salah satu kejadian banjir bandang dan longsor 12 September 2012,

menimbun enam unit rumah dan merusak 30 unit rumah lainnya (sumber <http://log.viva.co.id/news/read/360643-batu-busuak--kampung-di-zona-merah-bencana>).

4. Menambahkan kolom main di data sheet pada data historis BMKG yang berisikan Ya dan Tidak untuk kejadian banjir.
5. Pembentukan pohon keputusan (decision tree).

Pohon keputusan(decision tree) terbentuk setelah dilakukan proses perhitungan algoritma C4.5 dengan memilih atribut yang dijadikan sebagai akar (root) didasarkan pada nilai Gain tertinggi dari beberapa atribut yang digunakan.



Gambar 4.7 Flowchart Algoritma C4.5

Berikut ini adalah uraian langkah-langkah dalam algoritma C4.5 untuk menyelesaikan kasus galodo akan terjadi atau tidak, berdasarkan keadaan temperature, kelembaban dan curah hujan. Data yang telah ada pada Tabel 1, akan digunakan untuk membentuk pohon keputusan. Setiap atribut memiliki nilai. Sedangkan kelasnya ada pada kolom Main yaitu kelas “Tidak” dan kelas “Ya”.

Kemudian data tersebut dianalisis; dataset tersebut memiliki 364 kasus yang terdiri 12 “Ya” dan 352 “Tidak” pada kolom Main (lihat Tabel 4.20).

Tabel 4.16 Learning Dataset

No	Tanggal	Temperature	Kelembaban	Curah Hujan	Main
1	01/01/2012	25,1	82	0	Tidak
2	02/01/2012	25,9	77	0	Tidak
3	03/01/2012	26,3	78	0	Tidak
4	04/01/2012	27,6	80	0	Tidak
5	05/01/2012	27,1	85	0	Tidak
6	06/01/2012	27,7	78	0,3	Tidak
7	07/01/2012	26,2	89	17	Tidak
8	08/01/2012	27,2	80	26,5	Tidak
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
364	31/12/2012	26,2	-	3,3	Tidak

Kemudian hitung entropi dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Entropi}(S) = \sum_{j=1}^k -p_j \log_2 p_j \quad (1)$$

Keterangan :

- S adalah himpunan (dataset) kasus
- k adalah banyaknya partisi S
- p_j adalah probabilitas yang di dapat dari Sum(Ya) dibagi Total Kasus.

$$\text{Jadi Entropi}(S) = \left(-\left(\frac{12}{364}\right) \times \log_2 \left(\frac{12}{364}\right) \right) + \left(-\left(\frac{352}{364}\right) \times \log_2 \left(\frac{352}{364}\right) \right) = 0,20905980570$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan pada Dataset

Total Kasus	Sum(Ya)	Sum(Tidak)	Entropi Total
364	12	352	0,20905980570

Setelah mendapatkan entropi dari keseluruhan kasus, lakukan analisis pada setiap atribut dan nilai-nilainya dan hitung entropinya seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.18. Analisis Node 1

Node	Atribut	Nilai	Sum	Ya	Tidak	Entropi	Gain
1	Temp	suhu_lo	34	4	30	0,5225593745	
		suhu_av	125	8	117	0,3431229071	
		suhu_hi	205	0	205	0	
			364				0,0424186460
	Kelem	rh_lo	54	0	54	0	
		rh_av	173	0	173	0	
		rh_hi	137	12	125	0,4283781735	
			364				0,0478295591
	curah_hujan	hjn_lo	294	0	294	0	
		hjn_av	42	0	42	0	
		hjn_hi	28	10	18	0,9402859587	
			364				0,1367301166

Untuk menghitung gain setiap atribut rumusnya adalah :

$$Gain(A) = Entropi(S) - \sum_{k=1}^k \frac{|S_i|}{|S|} \times Entropi(S_i) \quad (2)$$

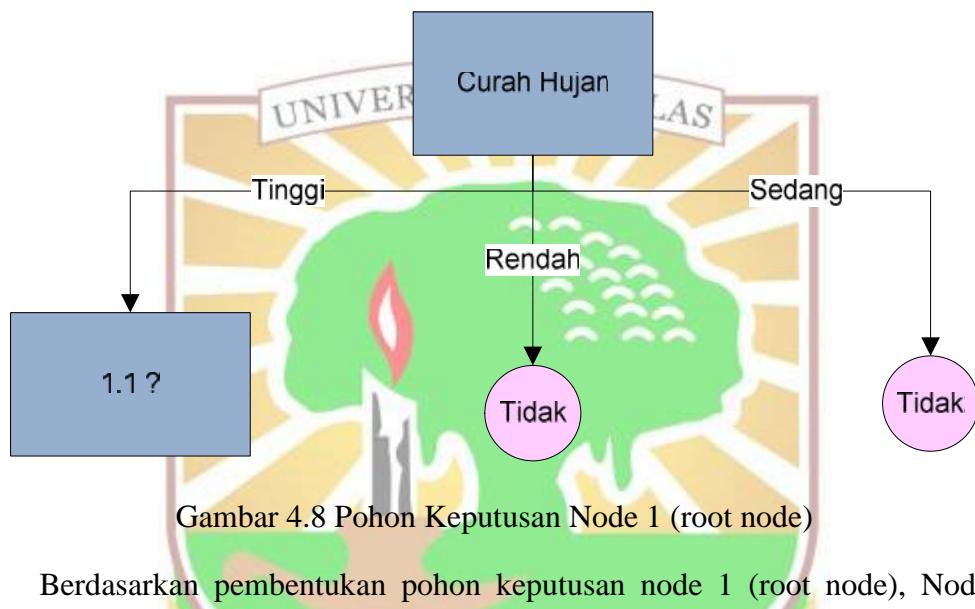
Jadi :

$$Gain(temp) = 0,20905980570 - \left(\left(\frac{34}{364} \right) \times 0,5225593745 + \left(\frac{125}{364} \right) \times 0,3431229071 + \left(\frac{205}{364} \right) \times 0 \right)$$

$$Gain(temp) = 0,0424186460$$

Hitung pula Gain (kelembaban) dan Gain (Curah Hujan). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Karena nilai gain terbesar adalah Gain (Curah Hujan). Maka

Curah Hujan menjadi node akar (root node). Kemudian pada Curah Hujan hjn_lo, memiliki 294 kasus dan semuanya memiliki jawaban Tidak (Sum(Total) / Sum(Tidak) = $\frac{298}{298} = 1$) begitu juga dengan kasus Curah Hujan hjn_av semuanya memiliki jawaban Tidak (Sum(Total) / Sum(Tidak) = $\frac{42}{42} = 1$). Dengan demikian Curah Hujan hjn_lo dan hjn_av menjadi daun atau leaf. Lihat Tabel 4.22 yang selnya berwarna kuning.



Gambar 4.8 Pohon Keputusan Node 1 (root node)

Berdasarkan pembentukan pohon keputusan node 1 (root node), Node 1.1 akan dianalisis lebih lanjut. Untuk mempermudah, Tabel 4.20 difilter, dengan mengambil data yang memiliki Curah Hujan = hjn_hi sehingga jadilah Tabel 4.23

Tabel 4.19 Data yang Memiliki Curah Hujan = hjn_hi

No	temp_	rh_	crh_hjn_	Main
1	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
2	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
3	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
4	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
5	suhu_hi	rh_hi	hjn_hi	Tidak
6	suhu_hi	rh_lo	hjn_hi	Tidak
7	suhu_hi	rh_hi	hjn_hi	Tidak
8	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
9	suhu_av	rh_av	hjn_hi	Tidak
10	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak

11	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
12	suhu_av	rh_av	hjn_hi	Tidak
13	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
14	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
15	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
16	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
17	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
18	suhu_hi	rh_lo	hjn_hi	Tidak
19	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
20	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
21	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
22	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
23	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
24	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
25	suhu_hi	rh_av	hjn_hi	Tidak
26	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
27	suhu_av	rh_av	hjn_hi	Tidak
28	suhu_av	rh_av	hjn_hi	Tidak

Kemudian data di Tabel 4.19 dianalisis dan dihitung lagi entropi atribut Curah Hujan hjn_hi dan entropi setiap atribut serta gainnya sehingga hasilnya seperti data pada Tabel 4.20. Setelah itu tentukan pilih atribut yang memiliki gain tertinggi untuk dibuatkan node berikutnya.

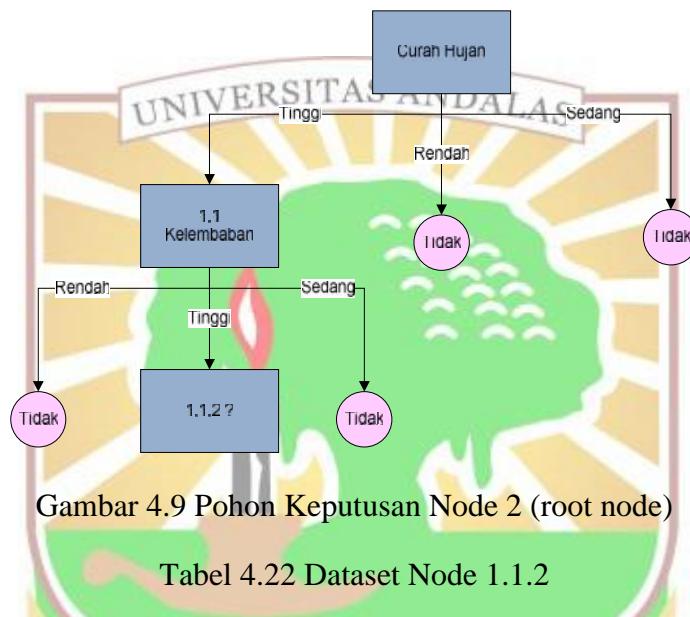
Tabel 4.20 Hasil Analisis Node 1.1

Total Curah Hujan Tinggi	Ya	tidak	Entr
28	12	16	0,985228136

Tabel 4.21 Analisis Node 1.1

Node	atribut	Nilai	Sum	Ya	tidak	Entropi	Gain
1.1	temp	suhu_lo	4	4	0	0	
		suhu_av	12	8	4	0,9182958341	
		suhu_hi	12	0	12	0	
			28				0,5916727785
	kelem	rh_lo	2	0	2	0	
		rh_av	12	0	12	0	
		rh_hi	14	12	2	0,5916727786	

Dari Tabel 4.21 gain tertinggi ada pada atribut Kelembaban, dan Nilai yang dijadikan daun atau leaf adalah rh_lo dan rh_av. Jika divualisasi maka pohon keputusan tampak seperti Gambar 3. Untuk menganalisis node 1.1.2, lakukan lagi langkah-langkah yang sama seperti sebelumnya. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.20



Gambar 4.9 Pohon Keputusan Node 2 (root node)

Tabel 4.22 Dataset Node 1.1.2

No	Temperature	Kelembaban	Curah Hujan	Main
1	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
2	suhu_hi	rh_hi	hjn_hi	Tidak
3	suhu_hi	rh_hi	hjn_hi	Tidak
4	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
5	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
6	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
7	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
8	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
9	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
10	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
11	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
12	suhu_lo	rh_hi	hjn_hi	Ya
13	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya
14	suhu_av	rh_hi	hjn_hi	Ya

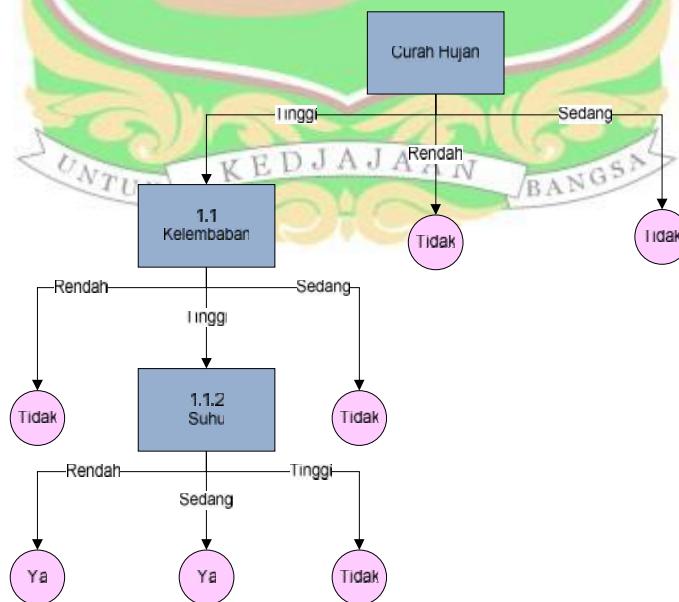
Tabel 4.23 Hasil Analisis Node 1.1.2

Hjn_hi dan rh_hi	ya	Tidak	Entr
14	12	2	0,5916727786

Tabel 4.24 Analisis Node 1.1.2

Node	Atribut	Nilai	Sum	ya	tidak	entropi	Gain
1.1.2	Temp	suhu_lo	4	4	0	0	
		suhu_av	8	8	0	0	
		suhu_hi	2	0	2	0	
			14				0

Kemudian pada Curah Hujan hjn_hi serta Kelembabn rh_hi dan temperature suhu_lo, memiliki 4 kasus dan semuanya memiliki jawaban Ya (Sum(Total) / Sum(Ya) = $\frac{4}{4} = 1$) begitu juga dengan kasus Temperature suhu_av semuanya memiliki jawaban Ya (Sum(Total) / Sum(Ya) = $\frac{8}{8} = 1$) dan Temperature suhu_hi semuanya memiliki jawaban Tidak(Sum(Total) / Sum(Tidak) = $\frac{2}{2} = 1$). Dengan demikian menjadi daun atau leaf.



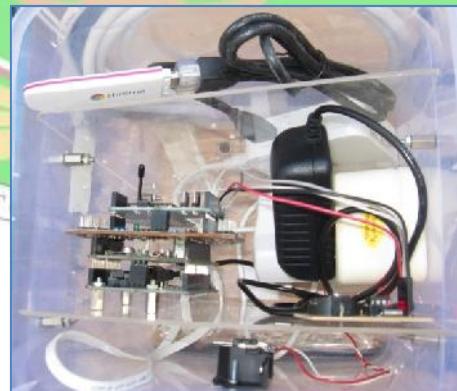
Gambar 4.10 Pohon Keputusan Akhir Node 1.1.2

Dari hasil algoritma C4.5 menghasilkan pohon keputusan, dari pohon keputusan akan dibuat rule prediksi banjir dengan menggunakan logika IF atau percabangan. Adapun hasil dari Pohon Keputusan Akhir terdapat 4 rule untuk prediksi akan potensi banjir sebagai berikut:

- [1] *if(curah hujan is lo) or (curah hujan is av) then tidak berpotensi banjir*
- [2] *if(curah hujan is hi) and (kelembaban is lo) or (kelembaban is av) then tidak berpotensi banjir*
- [3] *if(curah hujan is hi) and (kelembaban is hi) and (suhu is hi) then tidak berpotensi banjir*
- [4] *if(curah hujan is hi) and (kelembaban is hi) and (suhu is lo) or (suhu is av) then berpotensi banjir*

Dapat disimpulkan bahwa banjir akan terjadi jika curah hujan tinggi diikuti oleh kelembaban yang tinggi serta suhu rendah atau sedang.

4.4 Pengukuran Delay Ke server



Gambar 4.11 Coordinator

Untuk mengukur delay dari coordinator ke computer server maka dibutukan rangkaian RTC(Real time Clock) ini dapat dilihat dari gambar diatas, sehingga dapat membandingkan dengan jam server hasil pengujian terdapat di table berikut:

Tabel 4.25 Pengujian waktu pengirim ke server

No	RTC (hh:mm:ss)	Server (hh:mm:ss)	Delay (ss)
1	6:24:35	6:25:41	66
2	6:24:42	6:25:46	64
3	6:24:45	6:25:49	64
4	6:24:44	6:25:47	63
5	6:24:47	6:25:50	63
6	6:24:49	6:25:52	63
7	6:24:51	6:25:54	63
8	6:24:53	6:25:56	63
9	6:24:55	6:25:58	63
10	6:24:57	6:26:00	63
11	6:24:59	6:26:02	63
12	6:25:01	6:26:19	78
13	6:25:17	6:26:20	63
14	6:25:18	6:26:21	63
15	6:25:20	6:26:24	64
16	6:25:22	6:26:25	63
17	6:25:23	6:26:27	64
18	6:25:25	6:26:29	64
19	6:25:27	6:26:30	63
20	6:25:29	6:26:33	64
Rata-rata Delay			64,2

Dari 20 hasil pengujian sebanyak 20 data dari waktu dari Coordinator yang berada di batu busuk ke server rata-rata 64,2 second atau 1 menit 4 second. Dapat disimpulkan data bahwa data yang ditampilkan update dan realtime dikarena perbedaan waktunya relative kecil.

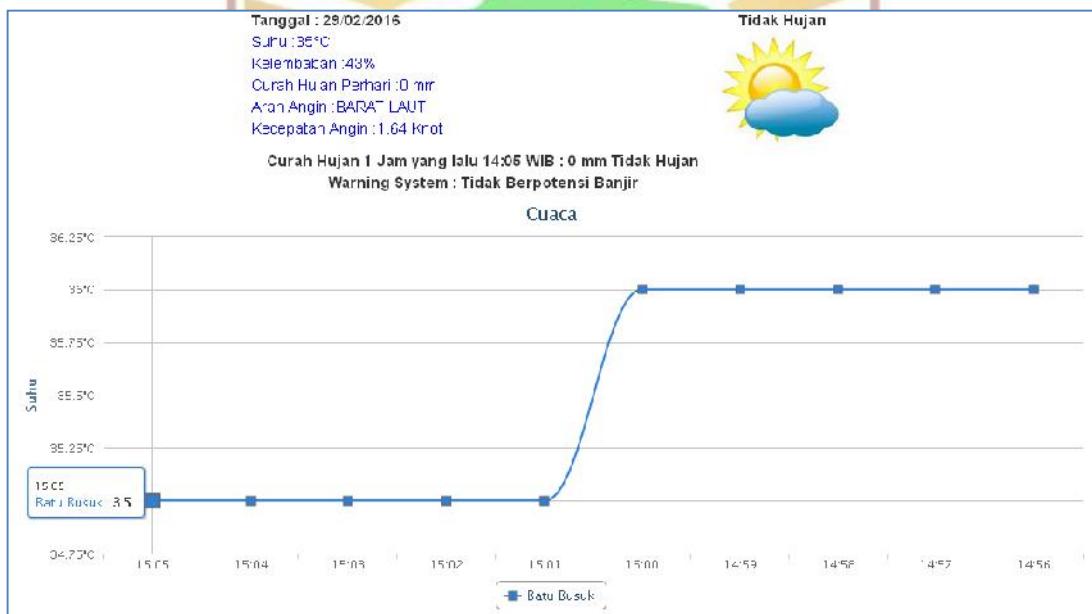
4.5 Pengujian Perangkat Lunak

4.5.1 Sistem Informasi EWS

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari sistem yang telah dibuat. Dalam pengujian ini akan dilihat bagaimana pembacaan sensor SHT11 yang menampilkan suhu (°C) dan kelembaban relatif (%), curah hujan perhari(curah hujan

selama 24 jam), arah angin dan kecepatan angin(Knot). Serta hasil analisis dan keberhasilan data mining dengan metoda Algoritma C4.5 untuk prediksi banjir pada EWS yang dibangun.

Dalam pengujian system informasi EWS ke Raspberry Pi sebagai computer server, digunakan software Mozilla sebagai web browser dengan url <http://ews.polinpdg.ac.id>. Hasil eksekusi program aplikasi EWS adalah Monitoring dan Prediksi banjir dimana memberikan informasi kapan waktu sistem terakhir diperbarui dari nilai curah hujan, suhu, kelembaban relatif dan kecepatan serta arah angin, keputusan prediksi banjir. Gambar 4.14 merupakan tampilan interface aplikasi monitoring dan prediksi banjir pada EWS yang ditampilkan.

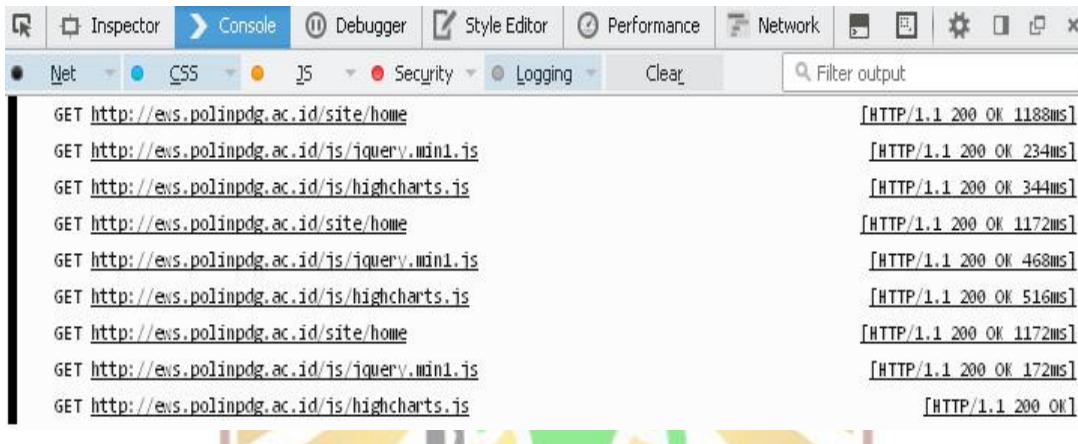


Gambar 4.12 Sistem Informasi EWS

Secara umum system informasi EWS ditampilkan dalam bentuk web page yang ditampilkan secara realtime dimana disesuaikan dengan keadaan sekarang dan grafik sendiri menampilkan nilai suhu, memiliki 10 kolom jarak diantaranya 1 menit, ini dapat dilihat pada gambar diatas misalkan satu menit sebelum 15:05 adalah 15:04 begitu seturusnya. Untuk keadaan realtime cuaca berdasarkan curah hujan seperti gambar tidak hujan disesuaikan dengan curah hujan 1 jam yang lalu, yang mana

kriterianya disesuaikan dengan data BMKG curah hujan perhari. Untuk early warning system sendiri didapat dari data mining menggunakan metoda Algoritma C4.5 yang menghasilkan pohon keputusan apakah berpotensi banjir atau tidak berpotensi banjir.

Pengujian dilakukan beberapa percobaan yang dapat dilihat secara realtime, hasil uji dapat diakses <http://ews.polinpdg.ac.id>, website akan merefresh web page secara otomatis dengan waktu 11888 ms atau 11,88 s, ini terlihat pada GET <http://ews.polindg.ac.id/site/home>, untuk lebih detailnya dapat dilihat gambar 4.14



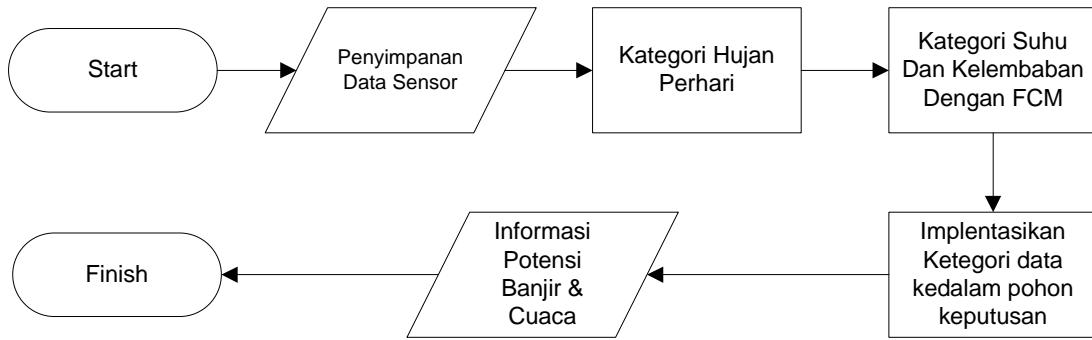
The screenshot shows the Network tab of a browser developer tools interface. It lists several requests made to the URL <http://ews.polinpdg.ac.id/site/home>. The responses are as follows:

Request	Response
GET http://ews.polinpdg.ac.id/site/home	[HTTP/1.1 200 OK 1188ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/jquery.min1.js	[HTTP/1.1 200 OK 234ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/highcharts.js	[HTTP/1.1 200 OK 344ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/site/home	[HTTP/1.1 200 OK 1172ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/jquery.min1.js	[HTTP/1.1 200 OK 468ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/highcharts.js	[HTTP/1.1 200 OK 516ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/site/home	[HTTP/1.1 200 OK 1172ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/jquery.min1.js	[HTTP/1.1 200 OK 172ms]
GET http://ews.polinpdg.ac.id/js/highcharts.js	[HTTP/1.1 200 OK]

Gambar 4.13 Delay Refresh Web Page EWS

4.5.2 Pengujian EWS untuk Memprediksi banjir

Pengujian dilakukan dengan meletakkan EWS berlokasi di batu busuk dengan tiga titik, titik pertama End Device terdiri dari sensor curah hujan, kelembaban, suhu dan arah serta kecepatan angin, kemudian titik kedua Xbee Router berfungsi penguat sinyal untuk pengiriman data dari End Device ke Coorinator dan titik ke tiga Coorinator yang berfungsi mengirim data sensor ke Raspberry Pi yang bertugas sebagai server dan system informasi untuk menampilkan prediksi banjir serta informasi keadaan riil cuaca dibatu busuk. Jarak antara titik pertama dengan titik ke dua adalah 250 m sedangkan titik ke dua dengan titik ke tiga 250 m, Karena dalam pengukuran jarak pengirim data dari titik satu sampai ke tiga mempunyai delay yang paling kecil.



Gambar 4.14 Tahapan Early Warning System

Dalam pengujian ini data dikirim memiliki delay perdua second, untuk itu kita akan memulai pengamatan pada tanggal 18/03/2016 mulai pukul 9:41:55 WIB sampai 23:52:59 WIB mempunyai 22451 record data yang tersimpan dalam databases.

Table 4.26 Data Pengujian Tanggal 18/03/2016

Curah Hujan (inc)	Suhu (C)	Rh (%)	Kec. Angin (MPH)	Arah Angin (Degree)	Xbee		Server	
					Tanggal	Jam	Tanggal	Jam
0	30	67	1,88	337,5	18/03/2016	9:40:04	18/03/2016	9:41:55
0	30	67	1,14	337,5	18/03/2016	9:40:32	18/03/2016	9:41:57
0	30	67	1,14	0	18/03/2016	9:40:34	18/03/2016	9:42:00
0	30	67	1,14	337,5	18/03/2016	9:40:36	18/03/2016	9:42:02
0	30	67	1,38	337,5	18/03/2016	9:40:38	18/03/2016	9:42:05
0	30	67	1,38	337,5	18/03/2016	9:40:42	18/03/2016	9:42:07
0	30	67	1,12	337,5	18/03/2016	9:40:44	18/03/2016	9:42:09
0	30	67	1,12	337,5	18/03/2016	9:40:46	18/03/2016	9:42:11
0	30	67	1,12	337,5	18/03/2016	9:40:48	18/03/2016	9:42:13
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:40:50	18/03/2016	9:42:15
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:40:52	18/03/2016	9:42:17
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:40:54	18/03/2016	9:42:19
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:40:56	18/03/2016	9:42:22
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:40:58	18/03/2016	9:42:24
0	30	67	0,99	0	18/03/2016	9:41:00	18/03/2016	9:42:26
0	30	67	0,97	0	18/03/2016	9:41:02	18/03/2016	9:42:28
0	30	67	0,97	0	18/03/2016	9:41:04	18/03/2016	9:42:30
0	30	67	0,97	0	18/03/2016	9:41:06	18/03/2016	9:42:32
0	30	66	0,96	337,5	18/03/2016	9:41:08	18/03/2016	9:42:34
0	30	66	0,96	337,5	18/03/2016	9:41:10	18/03/2016	9:42:36
0	30	66	0,96	337,5	18/03/2016	9:41:12	18/03/2016	9:42:38
0	30	67	1,04	337,5	18/03/2016	9:41:14	18/03/2016	9:42:39
0	30	66	1,04	337,5	18/03/2016	9:41:16	18/03/2016	9:42:43
0	30	66	1,12	337,5	18/03/2016	9:41:19	18/03/2016	9:42:45

0	30	66	1,12	337,5	18/03/2016	9:41:21	18/03/2016	9:42:47
0	30	66	1,12	337,5	18/03/2016	9:41:23	18/03/2016	9:42:49
0	30	66	0,94	337,5	18/03/2016	9:41:26	18/03/2016	9:42:51
0	30	66	0,94	337,5	18/03/2016	9:41:28	18/03/2016	9:42:54
0	30	66	0,94	337,5	18/03/2016	9:41:30	18/03/2016	9:42:56
0	30	66	0,6	337,5	18/03/2016	9:41:33	18/03/2016	9:42:59
0	30	66	0,6	337,5	18/03/2016	9:41:35	18/03/2016	9:43:01
0	30	64	1,03	270	18/03/2016	10:06:16	18/03/2016	10:07:42
0	31	63	1,03	0	18/03/2016	10:06:18	18/03/2016	10:07:44
0	31	63	1,03	270	18/03/2016	10:06:21	18/03/2016	10:07:47
0	31	63	1,08	0	18/03/2016	10:06:23	18/03/2016	10:07:49
0	31	63	1,08	0	18/03/2016	10:06:25	18/03/2016	10:07:51
0	31	63	1,08	0	18/03/2016	10:06:27	18/03/2016	10:07:53
0	31	63	1,18	0	18/03/2016	10:06:29	18/03/2016	10:07:55
0,14	28	79	0,71	315	18/03/2016	23:51:17	18/03/2016	23:52:43
0,14	28	79	0,71	315	18/03/2016	23:51:19	18/03/2016	23:52:45
0,14	28	79	0,71	0	18/03/2016	23:51:21	18/03/2016	23:52:47
0,14	28	79	1,19	0	18/03/2016	23:51:23	18/03/2016	23:52:49
0,14	28	78	1,19	0	18/03/2016	23:51:25	18/03/2016	23:52:51
0,14	28	79	1,19	0	18/03/2016	23:51:27	18/03/2016	23:52:53
0,14	28	79	0,95	315	18/03/2016	23:51:29	18/03/2016	23:52:55
0,14	28	79	0,95	0	18/03/2016	23:51:32	18/03/2016	23:52:57
0,14	28	79	0,95	0	18/03/2016	23:51:34	18/03/2016	23:52:59

Dari table 4.26 terlihat data curah hujan dalam satuan Inc, jika dikonversikan 0,01 Inc sama dengan 0,2794mm, data suhu, kelembaban, kecepatan dan arah angin. Dari table terlihat dua jam dan tanggal, Untuk menampilkan data secara realtime itu menggunakan tanggal dan jam server. Dari data itu akan diolah menjadi EWS menggunakan Algoritma C4.5 yang telah menjadi pohon keputusan, dimana ada tiga variable yaitu curah hujan sebagai root tertinggi serta diikuti oleh kelembaban dan suhu. Untuk menghitung nilai curah hujan kita harus memfilter berdasarkan tanggal, ini dikarena sifat sensor akan mencounter jika terjadi curah hujan.

Dalam proses EWS ada tahapan yang harus dilalui:

1. Dalam melalukan perhitungan kita harus memiliki nilai awal curah hujan berdasarkan tanggal. Untuk data awal itu mulai pukul 9:41:55 dimana nilai curah hujannya 0, maka perhitunganya sebagai berikut:

$$curah hujan = \frac{(nilai curah hujan aktual - nilai curah hujan awal)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = \frac{(0-0)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = 0$$

Setelah kita mendapatkan nilai curah hujan tahap selanjutnya kita akan mengkategorikan hujan berdasarkan kategori dari BMKG, karena nilai curah hujannya 0 maka dikategorikan hujan low.

2. Selanjutnya kita akan mengkategorikan nilai kelembaban dan suhu menggunakan FCM. Untuk data jam 9:41:55 dengan hasil kategori kelembaban lo dan suhu hi.
3. Setelah semua variable telah terkategorii maka baru bisa mengimplikasikan dalam EWS dengan menggunakan pohon keputusan. Untuk data jam 9:41:55 memiliki kategori curah hujan lo, kelembaban lo dan suhu hi Hasil dari pohon keputusan tidak berpotensi banjir.

Dapat disimpulkan bahwa 18/03/2016 mulai pukul 9:41:55 WIB sampai 23:52:59 WIB. Tidak berpotensi banjir karena curah hujannya sangat rendah serta kelembaban lo dan suhu hi, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$curah hujan = \frac{(nilai curah hujan aktual - nilai curah hujan awal)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = \frac{(0,14-0)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = 3,9116$$

Tabel 4.27 Hasil EWS Pengamatan tanggal 18/03/2016

Curah Hujan	Kelembaban	Suhu	Rule	EWS	Jam
Hujan Lo	Rh Lo	Suhu Hi	[1]	Tidak berpotensi Banjir	23:52:59

Dari hasil EWS memiliki kondisi yang sama dengan keadaan dibatu busuk, yang saat itu memang mempunyai curah hujan rendah pada pengamatan 18/03/2016.

Pengamatan yang dilakukan pada tanggal 19/03/2016 mulai pukul 13:48:33 WIB sampai dengan 23:53:01, memiliki data sebanyak 18363 yang tersimpan dalam databases yang dapat dilihat pada table 4.31

Tabel 4.28 Data Pengujian Tanggal 19/03/2016

Curah Hujan (inc)	Suhu (C)	Rh (%)	Kec. Angin (MPH)	Arah Angin (Degree)	Xbee		Server	
					Tanggal	Jam	Tanggal	Jam
0,01	33	61	2,25	337,5	19/03/2016	13:47:06	19/03/2016	13:48:33
0,01	33	61	2,25	0	19/03/2016	13:47:10	19/03/2016	13:48:38
0,01	33	61	2,48	0	19/03/2016	13:47:14	19/03/2016	13:48:43
0,01	33	61	2,24	0	19/03/2016	13:47:20	19/03/2016	13:48:50
0,01	33	61	1,73	0	19/03/2016	13:47:27	19/03/2016	13:48:56
0,01	33	61	1,9	0	19/03/2016	13:47:32	19/03/2016	13:49:03
0,01	33	61	2,13	0	19/03/2016	13:47:40	19/03/2016	13:49:08
0,01	33	61	2,13	0	19/03/2016	13:47:44	19/03/2016	13:49:14
0,01	33	61	1,55	0	19/03/2016	13:47:50	19/03/2016	13:49:16
0,01	33	61	1,55	0	19/03/2016	13:47:52	19/03/2016	13:49:18
0,01	33	61	1,55	0	19/03/2016	13:47:54	19/03/2016	13:49:20
0,01	33	61	1,07	0	19/03/2016	13:47:56	19/03/2016	13:49:22
0,01	33	61	1,07	337,5	19/03/2016	13:47:58	19/03/2016	13:49:23
0,01	34	61	1,07	0	19/03/2016	13:47:59	19/03/2016	13:49:25
0,01	33	60	1,85	0	19/03/2016	13:48:01	19/03/2016	13:49:27
0,01	33	61	1,85	0	19/03/2016	13:48:03	19/03/2016	13:49:29
0,01	33	60	1,85	0	19/03/2016	13:48:06	19/03/2016	13:49:32
0,01	33	60	1,62	0	19/03/2016	13:48:08	19/03/2016	13:49:34
0,01	33	60	1,62	315	19/03/2016	13:48:10	19/03/2016	13:49:36
0,01	33	61	1,62	315	19/03/2016	13:48:12	19/03/2016	13:49:37
0,01	33	61	1,09	315	19/03/2016	13:48:13	19/03/2016	13:49:39
0,01	34	61	1,09	315	19/03/2016	13:48:15	19/03/2016	13:49:41
0,01	34	61	1,09	315	19/03/2016	13:48:17	19/03/2016	13:49:43
0,01	34	61	1,11	315	19/03/2016	13:48:19	19/03/2016	13:49:45
0,39	26	78	1,47	0	19/03/2016	23:50:45	19/03/2016	23:52:11
0,39	26	78	1,47	315	19/03/2016	23:50:48	19/03/2016	23:52:13
0,39	27	77	2,2	337,5	19/03/2016	23:50:50	19/03/2016	23:52:16
0,39	26	78	2,2	0	19/03/2016	23:50:52	19/03/2016	23:52:18

0,39	26	78	2,2	337,5	19/03/2016	23:50:54	19/03/2016	23:52:20
0,39	27	77	2,68	337,5	19/03/2016	23:50:56	19/03/2016	23:52:22
0,39	26	78	2,68	337,5	19/03/2016	23:50:58	19/03/2016	23:52:24
0,39	27	77	2,68	270	19/03/2016	23:51:00	19/03/2016	23:52:26
0,39	27	77	3,31	337,5	19/03/2016	23:51:02	19/03/2016	23:52:28
0,39	26	78	3,31	0	19/03/2016	23:51:04	19/03/2016	23:52:30
0,39	27	77	3,31	0	19/03/2016	23:51:06	19/03/2016	23:52:32
0,39	26	78	1,67	0	19/03/2016	23:51:08	19/03/2016	23:52:34
0,39	27	77	1,67	0	19/03/2016	23:51:10	19/03/2016	23:52:36
0,39	27	77	1,67	0	19/03/2016	23:51:12	19/03/2016	23:52:38
0,39	27	77	2,6	337,5	19/03/2016	23:51:14	19/03/2016	23:52:40
0,39	27	77	2,6	0	19/03/2016	23:51:16	19/03/2016	23:52:42
0,39	26	78	2,6	0	19/03/2016	23:51:18	19/03/2016	23:52:44
0,39	26	78	3,94	315	19/03/2016	23:51:20	19/03/2016	23:52:46
0,39	26	78	3,94	0	19/03/2016	23:51:22	19/03/2016	23:52:48
0,39	27	77	3,94	270	19/03/2016	23:51:24	19/03/2016	23:52:50
0,39	26	78	2,4	0	19/03/2016	23:51:26	19/03/2016	23:52:52
0,39	26	78	2,4	315	19/03/2016	23:51:29	19/03/2016	23:52:54
0,39	26	78	2,4	315	19/03/2016	23:51:31	19/03/2016	23:52:57
0,39	27	77	5,35	0	19/03/2016	23:51:33	19/03/2016	23:52:59
0,39	27	77	5,35	0	19/03/2016	23:51:35	19/03/2016	23:53:01

Pada table 4.28 memiliki nilai curah hujan 0,01 seharusnya nilai curah hujan harus ditambahkan nilai curah hujan sebelumnya yaitu 0,14 data terakhir pada tanggal 18/03/2016, ini terjadi pada melakukan pengamatan yang alat diletakan dirumah warga dalam kondisi mati, sehingga pada saat dihidupkan data nilai dari hujan kembali ke awal atau kondisi reset. Saat melakukan pengamatan nilai hujan berada 0,01 karena disaat itu kondisi hujan.

Tahapan dalam menampilkan EWS pada tanggal 19/03/2016 yaitu:

1. Tentukan data awal nilai curah hujan dan nilai terakhir curah hujan berdasarkan tanggal, hasil pengurangan dari nilai curah hujan akhir dan awal merupakan total curah hujan yang turun disaat tanggal tersebut, untuk tanggal 19/03/2016 nilai curah hujan awal 0,01 inc pada pukul 13:48:33 WIB, sedangkan nilai curah hujan akhir 0,39 inc pukul 23:53:01 WIB. Berikut ini adalah cara perhitungan nilai curah hujan perhari.

$$curah hujan = \frac{(nilai curah hujan aktual - nilai curah hujan awal)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = \frac{(0,39-0,01)}{0,01} * 0,2794$$

$$curah hujan = 10,90$$

2. Setelah kita mendapatkan nilai curah hujan tahap selanjutnya kita akan mengkategorikan curah hujan berdasarkan kategori dari BMKG, karena nilai curah hujannya 10,90 maka dikategorikan hujan low.
3. Kemudian kita akan mengkategorikan menggunakan FCM, nilai sensor kelembaban dan suhu, nilai kelembaban terakhir pada tanggal 19/03/2016 adalah 77% kategorinya Rh Lo, sedangkan suhu adalah 27C kategorinya Suhu Av.
4. Setelah semua variable telah terkategorii maka baru bisa mengimplikasikan dalam EWS dengan menggunakan pohon keputusan. Untuk data pada tanggal 19/03/2016 dari pukul 13:48:33WIB sampai dengan pukul 23:53:01 WIB memiliki kategori curah hujan lo, kelembaban lo dan suhu av Hasil dari pohon keputusan tidak berpotensi banjir.

Tabel 4.29 Hasil EWS Pengamatan tanggal 19/03/2016

Curah Hujan	Kelembaban	Suhu	Rule	EWS	Jam
Hujan Lo	Rh Lo	Suhu Av	[1]	Tidak berpotensi Banjir	23:53:01

Dari hasil pengamatan EWS kondisi real saat dibatu busuk memang memiliki curah hujan yang rendah sesuai dengan apa yang diinformasikan pada EWS.

Pengamatan yang dilakukan pada tanggal 21/03/2016 mulai pukul 08:44:59 WIB sampai dengan 23:53:00, memiliki data sebanyak 20995 yang tersimpan dalam databases yang dapat dilihat pada table 4.33

Tabel 4.30 Data Pengujian Tanggal 21/03/2016

Curah Hujan (inc)	Suhu (C)	Rh (%)	Kec. Angin (MPH)	Arah Angin (Degree)	Xbee		Server	
					Tanggal	Jam	Tanggal	Jam
0	30	69	1,88	0	21/03/2016	8:42:18	21/03/2016	8:44:59

0	30	69	0,69	0	21/03/2016	8:42:40	21/03/2016	8:45:02
0	30	69	0,69	0	21/03/2016	8:42:41	21/03/2016	8:45:03
0	30	69	0,69	0	21/03/2016	8:42:44	21/03/2016	8:45:07
0	31	68	0,38	0	21/03/2016	8:42:47	21/03/2016	8:45:11
0	31	68	0,38	0	21/03/2016	8:42:52	21/03/2016	8:45:17
0	30	69	1,58	0	21/03/2016	8:42:57	21/03/2016	8:45:23
0	30	69	2,8	0	21/03/2016	8:43:03	21/03/2016	8:45:28
0	30	69	2,26	0	21/03/2016	8:43:09	21/03/2016	8:45:38
0	30	69	1,94	0	21/03/2016	8:43:19	21/03/2016	8:45:49
0	30	69	1,57	0	21/03/2016	8:43:29	21/03/2016	8:46:01
0	30	69	2,42	270	21/03/2016	8:43:41	21/03/2016	8:46:13
0	30	69	1,99	0	21/03/2016	8:43:54	21/03/2016	8:46:18
0	31	68	1,99	0	21/03/2016	8:43:58	21/03/2016	8:46:22
0	31	68	1,56	270	21/03/2016	8:44:02	21/03/2016	8:46:26
0	30	69	1,56	0	21/03/2016	8:44:07	21/03/2016	8:46:32
0	31	68	1,41	0	21/03/2016	8:44:12	21/03/2016	8:46:38
0	31	68	2,09	270	21/03/2016	8:44:18	21/03/2016	8:46:45
0	30	69	1,73	0	21/03/2016	8:44:25	21/03/2016	8:46:52
0	31	68	1,11	270	21/03/2016	8:44:32	21/03/2016	8:47:00
0	30	69	1,9	0	21/03/2016	8:44:40	21/03/2016	8:47:05
0,79	27	85	2,67	0	21/03/2016	23:49:47	21/03/2016	23:52:10
0,79	28	85	1,44	337,5	21/03/2016	23:49:52	21/03/2016	23:52:15
0,79	27	85	1,44	270	21/03/2016	23:49:55	21/03/2016	23:52:17
0,79	28	85	4,01	0	21/03/2016	23:50:03	21/03/2016	23:52:25
0,79	27	85	4,01	0	21/03/2016	23:50:05	21/03/2016	23:52:28
0,79	27	85	4,01	0	21/03/2016	23:50:08	21/03/2016	23:52:31
0,79	27	85	3,64	0	21/03/2016	23:50:10	21/03/2016	23:52:33
0,79	28	85	3,64	0	21/03/2016	23:50:13	21/03/2016	23:52:35
0,79	27	85	3,64	0	21/03/2016	23:50:15	21/03/2016	23:52:38
0,79	27	85	3,49	0	21/03/2016	23:50:20	21/03/2016	23:52:42
0,79	27	85	3,49	0	21/03/2016	23:50:22	21/03/2016	23:52:45
0,79	27	85	5,95	270	21/03/2016	23:50:25	21/03/2016	23:52:47
0,79	27	85	5,95	0	21/03/2016	23:50:27	21/03/2016	23:52:50
0,79	27	85	5,95	0	21/03/2016	23:50:30	21/03/2016	23:52:52
0,79	27	85	5,74	270	21/03/2016	23:50:32	21/03/2016	23:52:55

0,79	27	85	5,74	0	21/03/2016	23:50:34	21/03/2016	23:52:57
0,79	27	85	5,74	0	21/03/2016	23:50:37	21/03/2016	23:53:00

Pada table 4.33 memiliki nilai curah hujan 0 seharusnya ditambahkan dengan nilai curah hujan sebelumnya yaitu 0,39 data terakhir pada tanggal 19/03/2016, ini terjadi pada saat melakukan pengamatan, alat diletakan dirumah warga dalam kondisi hang akibat hidup non stop, sehingga harus direset dan pada saat dihidupkan. Data nilai dari curah hujan kembali ke awal atau kondisi reset.

Tahapan pengamatan pada tanggal 21/03/2016 yaitu:

1. Tentukan data awal nilai curah hujan dan nilai terakhir curah hujan berdasarkan tanggal, hasil pengurangan dari nilai curah hujan akhir dan curah awal merupakan total curah hujan yang turun disaat tanggal tersebut, untuk tanggal 21/03/2016 nilai curah hujan awal 0 inc pada pukul 09:31:51 WIB, sedangkan nilai curah hujan akhir 0,79 inc pukul 23:53:00 WIB. Berikut ini adalah cara perhitungan nilai curah hujan perhari.

$$\text{curah hujan} = \frac{(\text{nilai curah hujan aktual} - \text{nilai curah hujan awal})}{0,01} * 0,2794$$

$$\text{curah hujan} = \frac{(0,79-0)}{0,01} * 0,2794$$

$$\text{curah hujan} = 22,07$$

2. Setelah kita mendapatkan nilai curah hujan tahap selanjutnya kita akan mengkategorikan hujan berdasarkan kategori dari BMKG, karena nilai curah hujannya 22,07 maka dikategorikan hujan av atau hujan sedang.
3. Kemudian kita akan mengkategorikan menggunakan FCM, nilai sensor kelembaban dan suhu, nilai kelembaban terakhir pada tanggal 19/03/2016 adalah 85% kategorinya Rh Av, sedangkan suhu adalah 27C kategorinya Suhu Av.

Setelah semua variable telah terkategorii maka baru bisa mengimplikasikan dalam EWS dengan menggunakan pohon keputusan. Untuk data pada tanggal 21/03/2016 dari pukul 08:44:59 WIB sampai dengan pukul 23:53:00 WIB memiliki kategori

curah hujan av, kelembaban av dan suhu av Hasil dari pohon keputusan tidak berpotensi banjir.

Tabel 4.31 Hasil EWS Pengamatan tanggal 21/03/2016

Curah Hujan	Kelembaban	Suhu	Rule	EWS	Jam
Hujan Av	Rh Av	Suhu Av	[1]	Tidak berpotensi Banjir	23:53:00

Pada tanggal 21/03/2016 curah hujan terjadi pada saat mulai senja sampai malam hari, dimana kategori hujannya sedang, informasi yang ditampilkan EWS memiliki kesamaan dengan kondisi real batu busuk.

Pengamatan yang dilakukan pada tanggal 22/03/2016 mulai pukul 0:00:02 WIB sampai dengan 07:55:38, memiliki data sebanyak 8222 yang tersimpan dalam databases yang dapat dilihat pada table 4.32

Tabel 4.32 Data Pengujian Tanggal 22/03/2016

Curah Hujan (inc)	Suhu (C)	Rh (%)	Kec. Angin (MPH)	Arah Angin (Degree)	Xbee		Server	
					Tanggal	Jam	Tanggal	Jam
0,80	26	86	4,11	0	21/03/2016	23:57:39	22/03/2016	0:00:02
0,80	26	86	7,01	0	21/03/2016	23:57:42	22/03/2016	0:00:04
0,80	26	86	7,42	0	21/03/2016	23:57:51	22/03/2016	0:00:14
0,80	26	86	7,42	0	21/03/2016	23:57:54	22/03/2016	0:00:16
0,80	26	86	4,31	0	21/03/2016	23:57:59	22/03/2016	0:00:21
0,80	26	86	4,31	270	21/03/2016	23:58:01	22/03/2016	0:00:24
0,80	26	86	2,06	0	21/03/2016	23:58:04	22/03/2016	0:00:26
0,80	27	85	2,06	0	21/03/2016	23:58:06	22/03/2016	0:00:29
0,80	26	86	2,06	0	21/03/2016	23:58:08	22/03/2016	0:00:31
0,80	26	86	4,73	0	21/03/2016	23:58:16	22/03/2016	0:00:38
0,80	26	86	4,92	0	21/03/2016	23:58:18	22/03/2016	0:00:41
0,80	26	86	4,92	0	21/03/2016	23:58:21	22/03/2016	0:00:43
0,80	26	86	4,92	0	21/03/2016	23:58:23	22/03/2016	0:00:46
0,80	26	86	5,56	0	21/03/2016	23:58:28	22/03/2016	0:00:50
0,80	26	86	5,56	0	21/03/2016	23:58:30	22/03/2016	0:00:53
0,80	26	86	5,13	0	21/03/2016	23:58:33	22/03/2016	0:00:55
0,80	26	86	5,13	0	21/03/2016	23:58:35	22/03/2016	0:00:58
0,80	26	86	5,13	270	21/03/2016	23:58:38	22/03/2016	0:01:00
0,80	26	86	8,24	0	21/03/2016	23:58:40	22/03/2016	0:01:03

0,80	26	86	8,24	270	21/03/2016	23:58:43	22/03/2016	0:01:05
0,80	26	86	8,24	270	21/03/2016	23:58:45	22/03/2016	0:01:07
0,80	26	86	7,19	270	21/03/2016	23:58:50	22/03/2016	0:01:12
0,80	26	86	7,19	270	21/03/2016	23:58:52	22/03/2016	0:01:15
0,80	26	86	5,95	0	21/03/2016	23:58:55	22/03/2016	0:01:17
0,80	26	86	5,95	0	21/03/2016	23:58:57	22/03/2016	0:01:20
0,80	26	86	3,9	0	21/03/2016	23:59:02	22/03/2016	0:01:25
0,80	26	86	3,9	270	21/03/2016	23:59:04	22/03/2016	0:01:27
0,80	26	86	3,9	0	21/03/2016	23:59:07	22/03/2016	0:01:29
0,80	26	86	4,51	270	21/03/2016	23:59:09	22/03/2016	0:01:32
0,80	26	86	4,51	0	21/03/2016	23:59:12	22/03/2016	0:01:34
2,74	26	84	0	0	22/03/2016	7:52:22	22/03/2016	7:54:45
2,74	26	84	0	0	22/03/2016	7:52:27	22/03/2016	7:54:50
2,74	26	84	0	0	22/03/2016	7:52:29	22/03/2016	7:54:52
2,74	26	84	0	0	22/03/2016	7:52:32	22/03/2016	7:54:54
2,74	26	82	0	0	22/03/2016	7:52:34	22/03/2016	7:54:57
2,74	27	81	0	0	22/03/2016	7:52:37	22/03/2016	7:54:59
2,74	26	84	0	270	22/03/2016	7:52:44	22/03/2016	7:55:07
2,74	26	84	0	270	22/03/2016	7:52:46	22/03/2016	7:55:09
2,74	27	81	0,21	270	22/03/2016	7:52:51	22/03/2016	7:55:14
2,74	26	84	0,21	270	22/03/2016	7:52:54	22/03/2016	7:55:16
2,74	26	84	0	270	22/03/2016	7:52:59	22/03/2016	7:55:21
2,74	27	84	0	270	22/03/2016	7:53:01	22/03/2016	7:55:24
2,74	26	84	0	270	22/03/2016	7:53:06	22/03/2016	7:55:29
2,74	27	84	0	270	22/03/2016	7:53:11	22/03/2016	7:55:33
2,74	26	84	0	270	22/03/2016	7:53:13	22/03/2016	7:55:36
2,74	27	84	0	270	22/03/2016	7:53:16	22/03/2016	7:55:38

Pada table 4.32 memiliki nilai curah hujan 0,80 Inc dikarenakan data nilai curah hujan sebelumnya 0,79 Inc pada tanggal 21/03/2016, nilai curah hujan bertambah 0,01 Inc pada jam 0:00:02 WIB. Dalam kondisi ini alat sensor curah hujan berkerja dengan baik, dikarena nilai curah hujan berjalan secara continue. Pada pengamatan ini EWS mengeluarkan informasi akan potensi banjir, ini terjadi pada 05:45:00 WIB, detailnya dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.33 Pengamatan tanggal 22/03/2016

Curah Hujan(inc)	Suhu(C)	Rh(%)	Kec. Angin(MPH)	Arah Angin(Degree)	Xbee		Server	
					Tanggal	Jam	Tanggal	Jam
2,65	26	86	0,62	315	22/03/2016	5:43:34	22/03/2016	5:45:57

Tahapan pengamatan pada tanggal 22/03/2016 yaitu:

1. Tentukan data awal nilai curah hujan dan nilai terakhir curah hujan berdasarkan tanggal, hasil pengurangan dari nilai hujan akhir dan awal merupakan total curah hujan yang turun disaat tanggal tersebut, untuk tanggal 22/03/2016 nilai curah hujan awal 0,80 inc pada pukul 0:00:02 WIB, sedangkan nilai curah hujan akhir 2,65 inc pukul 5:45:57 WIB. Berikut ini adalah cara perhitungan nilai curah hujan perhari.

$$\text{curah hujan} = \frac{(\text{nilai curah hujan aktual} - \text{nilai curah hujan awal})}{0,01} * 0,2794$$

$$\text{curah hujan} = \frac{(2,65 - 0,80)}{0,01} * 0,2794$$

$$\text{curah hujan} = 51,97$$

2. Setelah kita mendapatkan nilai curah hujan tahap selanjutnya kita akan mengkategorikan hujan berdasarkan kategori dari BMKG, karena nilai curah hujannya 51,97 maka dikategorikan hujan hi atau hujan tinggi.
3. Kemudian kita akan mengkategorikan menggunakan FCM, nilai sensor kelembaban dan suhu, nilai kelembaban terakhir pada tanggal 22/03/2016 adalah 91% kategorinya Rh Hi, sedangkan suhu adalah 26C kategorinya Suhu Av.
4. Setelah semua variable telah terkategorii maka baru bisa mengimplikasikan dalam EWS dengan menggunakan pohon keputusan. Untuk data pada tanggal 22/03/2016 dari pukul 0:00:02 WIB sampai dengan pukul 5:45:57 WIB memiliki kategori curah hujan hi, kelembaban hi dan suhu av Hasil dari pohon keputusan berpotensi banjir.

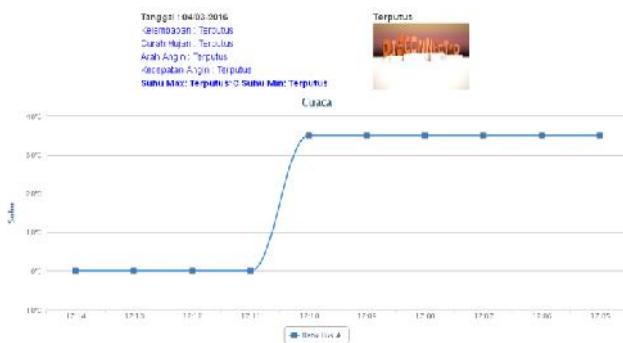
Tabel 4.34 Hasil Kategori Pengamatan tanggal 22/03/2016 Pukul 5:45:57

Curah Hujan	Kelembaban	Suhu	Rule	EWS	Jam
Hujan Hi	Rh Hi	Suhu Av	[4]	Berpotensi Banjir	5:45:57

Pada tanggal 22/03/2016 kota padang dilanda banjir di akibatkan curah hujan yang menguyur kota padang mulai tanggal 21/03/2016 pada senja hari sampai subuh hari tanggal 22/03/2016 dengan kategori curah hujan tinggi. Data yang tersimpan terkahir pada pukul 7:55:38 WIB, ini dikarenakan pada jam itu terjadi mati lampu. Dengan EWS dapat berkerja dengan baik karena informasi memiliki kesamaan dengan kondisi real yang ada di padang umumnya dan aliran batu busuk khusunya, akan tetapi data curah hujan mengalami reset data dikarena mati lampu, sehingga data yang di infokan tidak akurat.

4.6 Recovery data jika terputus ke server Raspberry Pi

Pengiriman data dari batu busuk bisa saja terputus, ini dikarenakan pengirimanya menggunakan modem internet yang berasal dari sinyal seluler, jika data terputus maka informasi di web page <http://ews.polinpdg.ac.id> akan terputus juga. Sehingga kita tidak dapat menganalisa seperti apa kejadian sebelumnya. Untuk itu maka dibutuhkan mikrosd yang tertanam pada Ethernet shield berfungsi sebagai penyimpanan data dalam bentuk text. Dari data bentuk itu kita bisa menyimpannya kembali dalam mysql sehingga kita bisa melakukan analisa apa yang terjadi di saat jaringan terputus.



Gambar 4.15 Saat data terputus

Dari gambar 4.15 terjadi data terputus ini disebabkan jaringan modem internetnya dimatikan untuk menguji apakah data yang terputus dari batu busuk akan tersimpan dalam mikrosd. Data mulai terputus mulai jam 17:11 sampai 17:14 pada tanggal 04 maret 2016. Hasil data yang terputus dapat dilihat pada gambar 4.26.

```

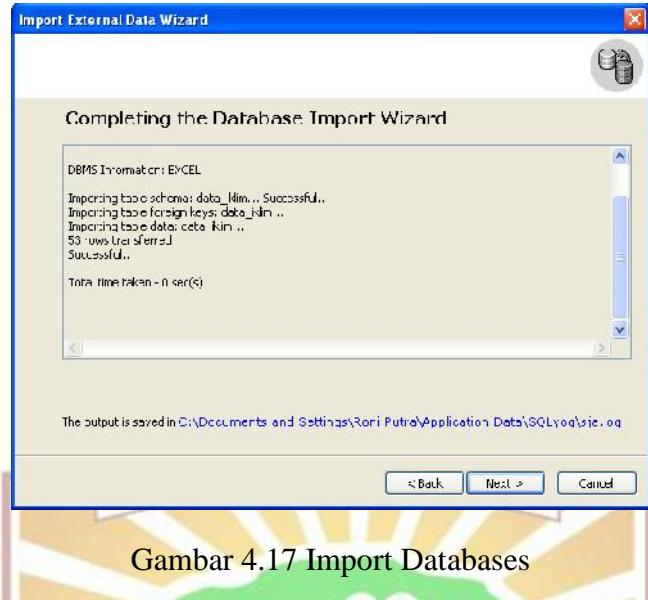
2016/3/4/17:11:18;C.00;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:19;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:20;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:21;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:22;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:23;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:24;C.03;35.00;18.3C;2.97;270.00
2016/3/4/17:11:40;C.03;35.00;18.3C;3.78;270.00
2016/3/4/17:11:42;C.03;35.00;18.3C;3.78;270.00
2016/3/4/17:11:43;C.03;35.00;18.3C;3.78;270.00
2016/3/4/17:11:45;C.03;35.00;18.3C;47.00;36.770.00
2016/3/4/17:11:47;C.03;35.00;18.3C;4.38;270.00
2016/3/4/17:11:50;C.03;35.00;18.3C;47.00;3.51;225.00
2016/3/4/17:11:59;C.03;35.00;18.3C;3.09;225.00
2016/3/4/17:12:01;C.00;36.00;16.02;2.97;270.00
2016/3/4/17:12:02;C.00;36.00;16.02;2.97;270.00
2016/3/4/17:12:16;C.00;35.00;14.3C;3.24;270.00
2016/3/4/17:12:18;C.00;35.00;14.3C;2.83;270.00
2016/3/4/17:12:19;C.00;35.00;14.3C;1.83;270.00
2016/3/4/17:12:23;C.00;35.00;14.3C;1.03;225.00
2016/3/4/17:12:24;C.00;35.00;14.3C;1.70;270.00
2016/3/4/17:12:26;C.00;35.00;14.3C;2.70;270.00
2016/3/4/17:12:28;C.00;35.00;14.3C;2.70;270.00
2016/3/4/17:12:30;C.00;35.00;14.3C;2.70;270.00
2016/3/4/17:12:32;C.00;35.00;14.3C;2.70;270.00
2016/3/4/17:12:34;C.00;35.00;14.3C;1.62;31.00
2016/3/4/17:12:37;C.00;35.00;14.3C;1.62;270.00
2016/3/4/17:12:39;C.00;35.00;14.3C;1.62;270.00
2016/3/4/17:12:42;C.00;35.00;14.3C;1.06;270.00
2016/3/4/17:12:44;C.00;35.00;14.3C;1.05;31.00
2016/3/4/17:12:45;C.00;35.00;14.3C;1.05;31.00
2016/3/4/17:12:56;C.00;35.00;14.3C;1.03;31.00
2016/3/4/17:12:58;C.00;35.00;14.3C;0.43;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:01;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:02;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:04;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:06;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:08;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:10;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:12;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:14;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:16;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:18;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:20;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:22;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:24;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:26;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:28;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:30;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:32;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:34;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:36;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:38;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:40;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:42;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:44;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:46;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:48;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:50;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:52;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:54;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:56;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:13:58;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:14:00;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00
2016/3/4/17:14:02;C.00;35.00;14.3C;0.42;0.81;225.00

```

Gambar 4.16 Data log EWS

Pada gambar 4.18 dapat dilihat pengelompokan data yang dipisahkan dengan tanda “;”. Untuk data pertama berisikan informasi tanggal, data kedua adalah jam, data ketiga curah hujan, data keempat suhu, data kelima kelembaban serta data keenam kecepatan angin dan terakhir arah angin. Dari gambar 4.18 penyimpanan data berhasil ini terlihat pada saat jam terputus sama dengan data yang tersimpan di data log dimulai pada jam 17:11 sampai 17:14 pada tanggal 4 maret 2016.

Untuk bisa menyimpan dalam mysql dan di tampilkan kedalam system informasi EWS, maka data text tersebut kita konversi dulu dalam bentuk mysql dengan menggunakan tool SQL Yog.



Gambar 4.17 Import Databases



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

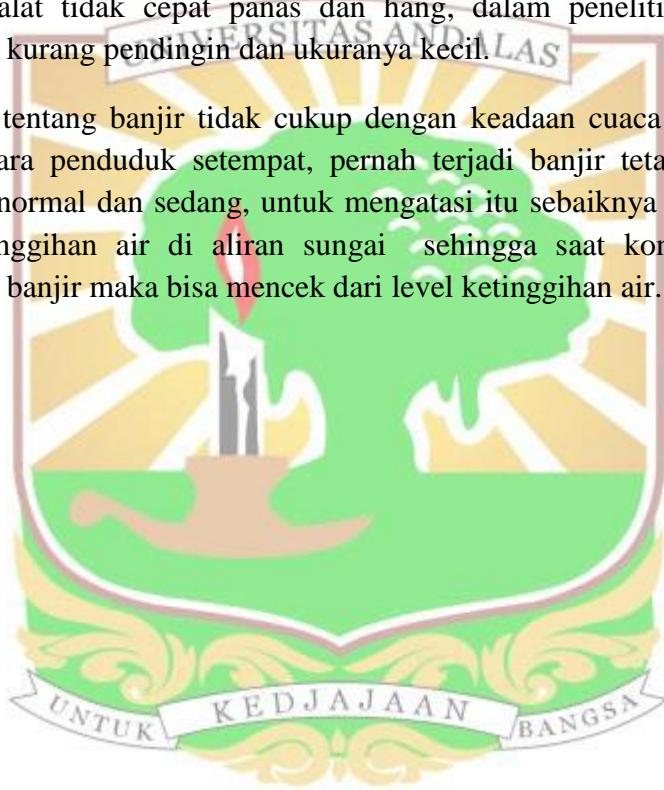
Berdasarkan pada hasil perancangan, pengujian dan analisa yang dilakukan terhadap Early Warning System (EWS) yang dibangun, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh jarak terhadap waktu penerimaan data adalah berbanding lurus. Semakin jauh jarak antara *transmitter*, *router* dan *receiver*, maka semakin lama waktu penerimaan data, jarak maximal yang diuji adalah 250 m dan 375 m dengan delay 85 s.
2. Penggunaan data mining dengan metoda Algoritma C4.5 dari variable cuaca yaitu curah hujan, kelembaban dan suhu. Menjelaskan bahwa root tertinggi akibat banjir untuk variable cuaca adalah curah hujan tinggi diikuti oleh kelembaban tinggi dan suhu sedang atau suhu rendah.
3. Pengujian EWS pada hari pertama dan hari kedua jika dibandingkan dengan kondisi real batu busuk memang keadaannya sama. Tetapi jika terjadi kondisi mati lampu atau alat dalam keadaan mati berpengaruh terhadap nilai curah hujan dikarenakan dilakukan dengan counter nilai sebelumnya. Pada hari ketiga alat mengalami hang dan panas akibatnya data tidak bisa lagi dikirim dari batu busuk keserver, sehingga kita harus mematikan alat sementara untuk proses pendinginan.
4. Pada hari keempat mulai terjadi hujan dari sore sampai malam hari, serta dilanjutkan dihari kelima dari dini hari sampai subuh dengan curah hujan yang tinggi, dengan kondisi itu jika dibandingkan dengan hasil pohon keputusan dengan algoritma C4.5 EWS mengeluarkan peringatan akan potensi banjir yang di informasikan pada tanggal 22/03/2016 pukul 05:35:00 WIB, dimana kondisi itu kota padang dilanda banjir. EWS akan bekerja dengan baik jika tidak terjadi kondisi mati lampu atau dimatikan.

5.2 SARAN

Beberapa tambahan saran yang diharapkan berguna bagi penelitian ini agar dapat dikembangkan lebih lanjut adalah :

1. EWS menggunakan supply listrik dari PLN, jika kondisi lampu mati berakibat alat akan mati juga sehingga data tidak dapat dikirim dan informasi akan terputus web page EWS, untuk mengatasinya sebaiknya menggunakan solar sell sehingga informasi data tidak terputus.
2. Untuk desain box sebagusnya dirancang menggunakan banyak pendingin sehingga alat tidak cepat panas dan hang, dalam penelitian ini box yang digunakan kurang pendingin dan ukurannya kecil.
3. Informasi tentang banjir tidak cukup dengan keadaan cuaca saja, karena saat diwawancara penduduk setempat, pernah terjadi banjir tetapi keadaan cuaca disaat itu normal dan sedang, untuk mengatasinya sebaiknya meletakan sensor level ketinggihan air di aliran sungai sehingga saat kondisi cuaca tidak berpotensi banjir maka bisa mencek dari level ketinggihan air.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fithriah Musadat, Zahir Zainuddin, Merna Baharuddin, “Implementasi Algoritma Untuk Prediksi Curah Hujan Pada Sistem Pendekripsi Dini Bencana Banjir”, 2013.
- [2] Nor Azlina Ab. Aziz, Nor Azlina Ab. Aziz, “Managing Disaster with Wireless Sensor Networks”, ICACT2011, Februari. 2011
- [3] Suman Saha, Mitsuji Matsumoto, “A Framework for Disaster Management System and WSN Protocol for Rescue Operation”, IEE 2007, Maret .2007.
- [4] Jing Shiyong, Bao Jing-fu, Wu Fei , Yang Ting, “Geological Disaster Monitoring System Based on WSN and GSM Dual-network Integration Technology”, IEEE 2012, Maret. 2012.
- [5] Houmin Li, David Branscomb, Ashton Johnson, Michael Baginski, Lloyd Riggs, Gwynedd Thomas, “Rapid Deployment Wireless Text Messaging Network for Disaster Relief”, IEEE 2011, Januari. 2011.
- [6] Yasser Gadallah, M. Adel Serhani, “A WSN-Driven Service Discovery Technique for Disaster Recovery Using Mobile Ad Hoc Networks”, IEEE 2011, April. 2011.

- [7] Ka-Heng Chan, Chi-Seng Cheang and Wai-Wa Choi, “*ZigBee Wireless Sensor Network for Surface Drainage Monitoring and Flood Prediction*”, Proceedings of ISAP 2014, December 2014.
- [8] Cholatip Yawut, Sathapath Kilaso ,“*A Wireless Sensor Network for Weather and Disaster Alarm Systems* ”, IPCSIT vol.6 (2011), Juni. 2011.
- [9] Nattapong Phanthuna,warunee Srisongkram,thaweesak Trongtirakul, “*RECENT ADVANCES In CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL And TELECOMMUNICATIONS*”, Maret .2011.
- [10] Rahmad Dawood, Said Fairuz Qiana, Sayed Muchallil, “*Kelayakan Raspberry Pi sebagai Web Server*”, Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 11 No. 1, April 2014.
- [11] Gaurav L. Agrawal, Prof. Hitesh Gupta, “*Optimization of C4.5 Decision Tree Algorithm for Data Mining Application* ”, ISSN 2250-2459 Volume 3,Issue 3, March.2013.
- [12] Badr HSSINA, Abdelkarim MERBOUHA,Hanane EZZIKOURI,Mohammed ERRITALI, “*A comparative study of decision tree ID3 and C4.5*”, IJACSA, April. 2011.



The **WeatherRack Weather Sensors** is a set of sensors designed to measure your local weather conditions. It is designed to be compatible with the SparkFun and ArgentData weather sensors and interface with either your own board, or the SwitchDoc Labs **WeatherPiArduino** board (available on SwitchDoc.com).

- Cup Anemometer
- Wind Vane
- Tipping Rain Bucket
- Mounting Hardware

Features and Benefits:

- Provides an excellent sensor suite to hookup a Raspberry Pi or Arduino
- Supports SwitchDoc Labs **WeatherPiArduino** Weather Station Interface Board
- Cup-Based Anemometer
- Tipping Rain Bucket Gauge
- Wind Vane
- RJ11 Plugs
- No Active Electronics
- Works with Raspberry Pi (3.3V) GPIO and Arduino (5.0V) GPIO
- Includes Mounting Hardware
- Software Available on SwitchDoc.com
- Low Cost
- Full Test Code Supplied
- Quantity Discounts Available
- Immediate Availability

Introduction



The SwitchDoc Labs WeatherRack Sensors provide a suite of weather sensors for use by Arduino and Raspberry Pi based small computers. It can also be used to connect with other computers and systems. It includes a Wind Vane, Anemometer and a tipping bucket Rain Gauge. Mounting hardware and a metal mast is also included. The included wires are terminated in RJ11 plugs. The WeatherRack is compatible with the SwitchDoc Labs WeatherPiArduino Weather Station Interface Board available on SwitchDoc.com.

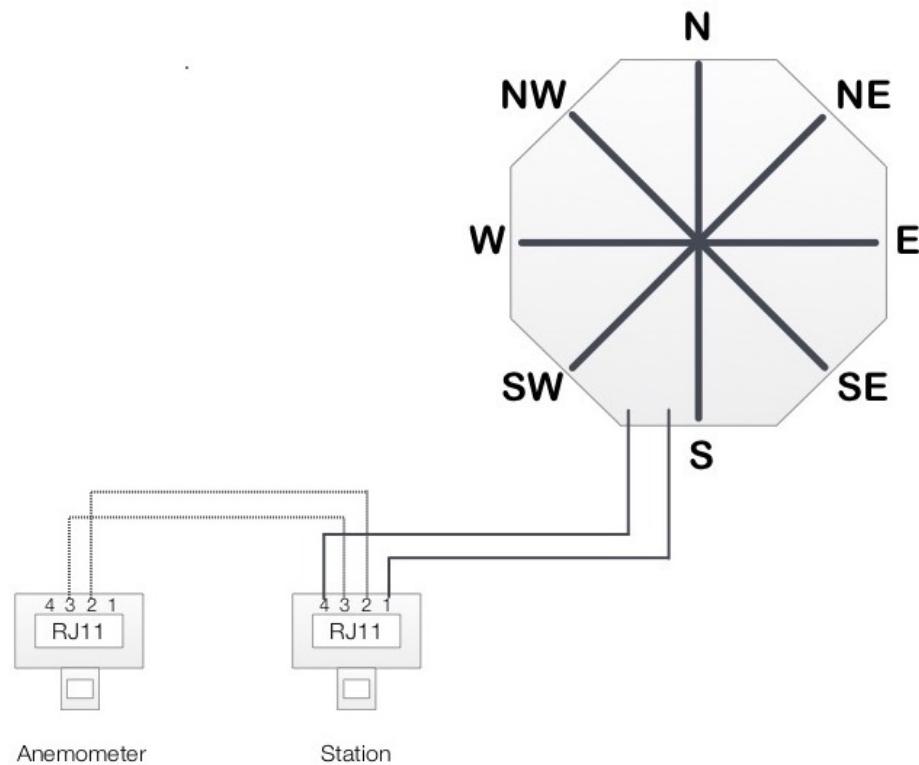
The WeatherRack sensors contain no active electronics. The sensors use sealed magnetic reed switches and magnets to take readings. A voltage must be supplied to each sensor to take a reading.

Cup Anemometer Sensors

The Anemometer measures wind speed by closing a contact as a magnet moves past a switch. One contact closure a second indicates 1.492 MPH (2.4 km/h).

The Anemometer should be pulled high to 3.3V or 5V via a 10K Ohm pullup resistor. This is intended to connect to an interrupt input on the host computer.

The Anemometer switch is connected to the inner two conductors (pins 2 and 3) of the RJ11 cable shared by the Anemometer and Wind Vane. Note that most RJ11 cables only have 4 wires instead of the six allowed by the plug.



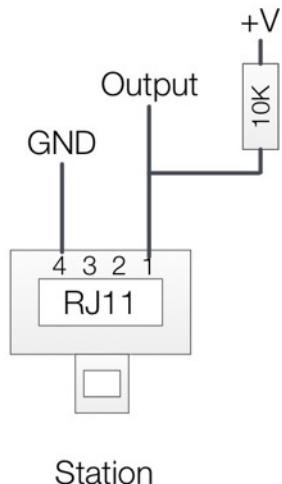
Wind Vane

The Wind vane has 8 switches, each connected to a different resistor. The WeatherRack measures the resistance value of the resistor by measuring the voltage on a resistor divider (with 10K Ohm onboard resistor). Typically, the Wind Vane will only report a total of 8 directions. It is possible to occasionally read 16 directions (when two contacts are closed at the same time), but this is a rare event. In all our testing at SwitchDoc Labs, we have never seen this case. The voltage values for each direction are shown in the table below.

Direction (Degrees)	Resistance (Ohms)	Voltage (V=3.3v, R = 10KOhms)
0	33K	2.53V
22.5	6.57K	1.31V
45	8.2K	1.49V
67.5	891	0.27V
90	1K	0.30V
112.5	688	0.21V
135	2.2K	0.59V
157.5	1.41K	0.41V
180	3.9K	0.92V
202.5	3.14K	0.79V
225	16K	2.03V
247.5	14.12K	1.93V
270	120K	3.05V
292.5	42.12K	2.67V
315	64.9K	2.86V
337.5	21.88K	2.26V

To use 5V as the pullup voltage, multiply the voltages by 5.0/3.3 (1.52).

The output of the Wind Vane should be connected to a 10K pullup resistor as shown below.



Station

Wind Vane Connection

Rain Bucket

The tipping bucket Rain Gauge used in the SwitchDoc Labs WeatherRack, makes one momentary contact closure that can be recorded with a micro computer interrupt input. Each contact closure of the standard unit indicates 0.011 inch (0.2794 mm). Tie the output of the Rain Bucket to a 10K Pullup resistor to interface it to a computer. The Rain Gauge is connected to Pin 2 and 3 of the RJ11 terminated cable.

Assembly

The Wind Sensor arm mounts on top of the metal mast (two pieces) and supports the Anemometer and the Wind Vane. Bolts, screws and nylon wire ties are supplied to hold the wires to the arm and mast. The Rain Gauge has its own mounting arm that can be attached to the metal mast with bolts.

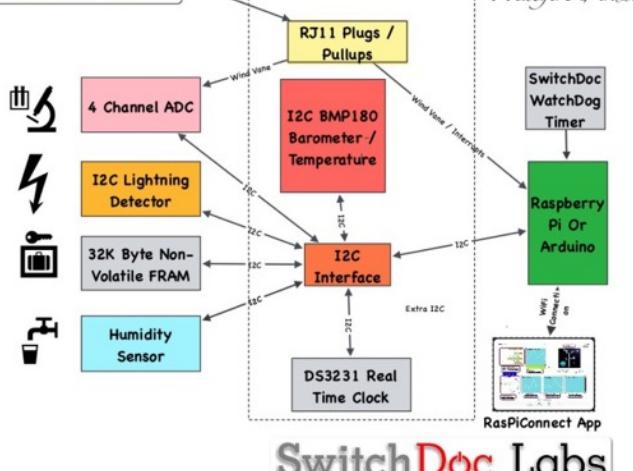
WeatherPiArduino Connections

WeatherPiArduino is an inexpensive weather station controller board designed to interface to Arduino and Raspberry Pi computers. It is an interface board developed by SwitchDoc Labs to allow the user to easily build a fully functioned Weather Station while allowing customization of functions.

WeatherPiArduino is derived from Project Curacao. Generation 1 of this board was deployed and tested on the island nation of Curacao before Generation 2 was released to production.

Combine the WeatherPiArduino with a SunAir or SunAirPlus board to create a solar powered weather station.

Additional code and examples on www.switchdoc.com



SwitchDoc Labs

