

**TUGAS AKHIR - TE 14 1599**

**APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK PEMBACAAN METERAN  
AIR**

**Nugra Arsyistawa  
NRP 2212 100 186**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Rivai, ST.,MT.  
Suwito,ST.,MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

## **Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Pembacaan Meteran Air**

Nugra Arsyistawa  
NRP 2212100186

Dosen Pembimbing  
Dr.Muhammad Rivai, ST.,MT.  
Suwito,ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TE 141599**

## **Wireless Sensor Network Application For Water Meter Reading**

Nugra Arsyistawa  
NRP 2212100186

Advisor  
Dr.Muhammad Rivai, ST.,MT.  
Suwito,ST.,MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK PEMBACAAN METERAN AIR” adalah benar-benar hasil karya mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, April 2017

Nugra Arsyistawa  
NRP 2212 100 186

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK  
PEMBACAAN METERAN AIR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Elektronika  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

  
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
NIP. 196904261994031003

  
Suwito, ST., MT.  
NIP. 198101052005011004



# APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK PEMBACAAN METERAN AIR

Nugra Arsyistawa  
2212100186

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.  
Dosen Pembimbing II : Suwito, ST., MT.

## **Abstrak:**

Pada era modern, manusia cenderung lebih menyukai hal yang praktis yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Untuk mewujudkan efisiensi yang diinginkan, manusia memanfaatkan teknologi untuk memudahkan pekerjaannya. Pada dunia Industri, efisiensi dapat menentukan biaya operasi perusahaan yang pada akhirnya berdampak pada penghasilan perusahaan. Salah satu peluang pemanfaatan teknologi untuk memudahkan pekerjaan manusia adalah sistem monitoring penggunaan meteran air yang dapat diakses secara *online* sehingga tidak membuang waktu untuk mencatat penggunaan secara manual. Penelitian dalam tugas akhir ini merancang jenis perangkat meteran baru yang memanfaatkan teknologi nirkabel untuk mengirim sinyal listrik yang terbaca oleh sensor aliran air FS300A G3/4 yang bekerja dengan prinsip *hall-effect*. Sensor dikalibrasi dengan mengambil data berupa pulsa untuk menghitung aliran air. Mikrokontroler Arduino Uno akan memproses sinyal yang terbaca oleh sensor dan menampilkannya pada LCD. Perangkat terhubung dengan dalam jaringan *wireless sensor network* menggunakan modul Xbee S1 dengan tipe topologi jaringan digimesh yang memungkinkan proses *data forwarding*, yaitu proses pengiriman data dari node ke webserver melalui beberapa node sebagai jembatan. Dalam sistem ini Raspberry Pi model B digunakan sebagai webserver untuk mengumpulkan data dan mengirimnya pada *server* thingspeak.com tiap 30 detik. Berdasarkan hasil penelitian diketahui hubungan jumlah pulsa terhadap besar debit air, dan diketahui jangkauan maksimal dari node adalah 34 meter. Dalam uji coba jaringan, Node dengan jarak 20 m memiliki tingkat kesuksesan pengiriman data 99%. Diharapkan dengan adanya alat ini, konsumsi air dapat dipantau secara lebih mudah dan efisien.

Kata kunci : Meteran air, *Wireless Sensor Network*, Raspberry Pi

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **WIRELESS SENSOR NETWORK APPLICATION FOR WATER METER READING**

Nugra Arsyistawa  
2212 100 186

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.  
Supervisor II : Suwito, ST., MT.

## **Abstract:**

*In modern era, people tend to prefer simple things that could help us with our life. To make it more efficient, people use technologies to make our jobs easier. In the Industrial World, efficiency could define the operation cost which would lead to company's income. One example of technological use to make people jobs easier is wireless sensor network application for water meter reading that could be monitored online instead of reading it manually. This research design new kind of water meter that use wireless sensor network to establish connection between nodes. Nodes use microcontroller Arduino Uno as main processor. Nodes will read pulse data from water flow sensor FS300A G3/4 and convert it to desired units. Nodes then will display the data in LCD and send the data through wireless sensor network every 30 seconds using Xbee S1 to other nodes and finally to Webserver Raspberry Pi 2, which in turn will send the data to server thingspeak.com. Next thingspeak will display data graphic in the website. The connection between nodes will use mesh topology to provide data hoping and forwarding. This research determine the relations between flow rate (L/m) and pulse (hz). The experiment result showed that the maximum range of node sensor is 34 meters. The data sent from node within 20 meters has 99% success rate. With this research, water consumption will be recorded correctly, easier and more efficient.*

*Keyword : Water Meter, Wireless Sensor Network, Raspberry Pi.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilaalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT, atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terkira kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

### **APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK PEMBACAAN METERAN AIR**

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Junjungan penulis Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan penulis contoh dalam berkehidupan.
3. Bapak Syafruddin Rachman dan Ibu Trinil Tresno serta adik-adik penulis Nara Adhistana dan Nandana Athalla yang menjadi motivasi terbesar penulis dalam menjalani seluruh segi kehidupan dan selalu menjadi orang-orang yang tetap setia menunggu penulis pulang ke rumah.
4. Bapak Muhammad Rivai dan Bapak Suwito selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan serta solusi-solusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ronny Mardianto selaku dosen wali penulis yang berperang menggantikan orang tua selama penulis menjalani masa perkuliahan.
6. Keluarga besar angkatan E-52 yang telah memberi dukungan baik secara langsung maupun dengan doa.
7. Keluarga besar DIVISI KALPATARU terkhusus K-29: Aul, Dwi Indah, Evira, Uma, Dhityo, Sikim, Dower, Bandung, Eber Wonda, Aceh, serta teman seperjuangan Elektronika Azhar Lels dan Kevin Rosada. KALPATARU! SATU JIWA SATU KELUARGA , KALPATARU JAYA!
8. Dalai Lama dan Quantum yang telah membentuk penulis serta ketiga rekannya dalam menjalankan perkuliahan di Teknik Elektro ITS dan menemani selama pengerjaan tugas akhir.

9. Penghuni kontrakan BASHKARA V yang telah menyediakan sarana dan prasarana dalam pengerjaan buku tugas akhir.
10. Para penghuni Dibawah Pohon Rindang (E53-E55) yang tak dapat disebutkan satu-persatu dan Para penghuni kantin, terutama Mbak Rini, Mas Wahyu, Mak Ning, Bu Kus, Pak Kus, Pak Nasrip, Cak dan Bu Min, Mbak Dewi, Mbak Sus, Zeppa, yang selalu menyediakan konsumsi bagi penulis disaat-saat genting pengerjaan tugas akhir.
11. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

**Penulis**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	6
1.6 Relevansi.....	6

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Pembacaan Meteran Air .....	9
2.1.1 Meteran air digital .....	11
2.2 Sensor Waterflow FS300A.....	12
2.3 Mikrokontroler Arduino Uno .....	14
2.3.1 Spesifikasi .....	15
2.3.2 Perangkat Lunak Arduino IDE.....	17
2.4 Transciever Xbee .....	19
2.4.1 Varian Xbee .....	19
2.4.2 Konfigurasi Pin Xbee.....	22
2.4.3 Spesifikasi Xbee Seris 1 2.4 Ghz .....	22
2.4.4 Protokol Komunikasi Digimesh.....	24
2.4.5 Parameter Jaringan Digimesh .....	25
2.4.6 XCTU.....	26
2.5 Wireless Sensor Network .....	27
2.5.1 Komunikasi Wireless Sensor Network .....	30
2.5.2 Aplikasi Wireless Sensor Network .....	33
2.6 Raspberry Pi .....	36
2.6.1 Spesifikasi Raspberry Pi 2 Model B .....	37

2.6.2 Sistem Operasi .....	38
2.7 Analisa Free Path Loss .....	39
2.8 Thing speak .....	40
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM</b>	
3.1 Pendahuluan .....	45
3.2 Cara Kerja Sistem .....	46
3.2.1 Komunikasi Jarak Dekat .....	46
3.2.2 Komunikasi Jarak Jauh .....	47
3.3 Cara Kerja Node.....	48
3.4 Cara Kerja Webserver .....	52
<b>BAB IV ANALISA DAN PENGUKURAN SISTEM</b>	
4.1 Hasil Perancangan .....	55
4.1.1 Perangkat Keras Node Sensor .....	55
4.1.2 Perangkat Keras Webserver .....	56
4.1.3 Perangkat Lunak Webserver .....	57
4.1.4 Perangkat Lunak Node Sensor .....	62
4.1.5 Penghematan Daya Node Sensor .....	66
4.2 Komunikasi Jaringan.....	68
4.2.1 Pengaturan Parameter Jaringan .....	68
4.2.2 Proses Pengiriman Data .....	70
4.2.3 Uji Coba Jangkauan Xbee.....	71
4.3 Uji Coba Komunikasi WSN .....	73
4.3.1 Uji Coba Jangkauan Sistem .....	73
4.3.2 Pengukuran Kecepatan Transfer Data.....	75
4.4 Analisa Sinyal .....	76
4.4.1 Analisa Link Budget .....	76
4.4.2 Analisa Free Space Path Loss .....	77
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran .....	79
DAFTAR PUSTAKA .....	81
BIODATA PENULIS .....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Meteran Air yang umum digunakan .....	10
Gambar 2.2 Cara membaca meteran air konvensional .....	11
Gambar 2.3 Sensor aliran air Ultrasonik .....	12
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Sensor Waterflow .....	13
Gambar 2.5 Sensor aliran air FS300A yang telah dilengkapi sensor hall effect.....	14
Gambar 2.6 Bentuk fisik Arduino UNO .....	15
Gambar 2.7 Spesifikasi Arduino UNO .....	17
Gambar 2.8 Tampilan IDE Arduino.....	18
Gambar 2.9 Varian Xbee Through Hole dan Surface Mount.....	20
Gambar 2.10 Pinout modul komunikasi Xbee .....	21
Gambar 2.11 Ilustrasi node pada protokol digimesh.....	24
Gambar 2.12 Kanal komunikasi yang dapat digunakan pada protokol digimesh.....	26
Gambar 2.13 Tampilan jendela XCTU .....	27
Gambar 2.14 Ilustrasi Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) .....	28
Gambar 2.15 Perbandingan teknologi komunikasi WSN.....	30
Gambar 2.16 Topologi yang umum digunakan dalam jaringan sensor nirkabel.....	31
Gambar 2.17 Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel pada bidang lingkungan.....	34
Gambar 2.18 Ilustrasi jaringan sensor nirkabel dalam memonitor sebuah pipeline .....	35
Gambar 2.19 Ilustrasi penggunaan WSN pada bidang umum .....	36
Gambar 2.20 Raspberry Pi 2 Model B .....	37
Gambar 2.21 Tampilan standar sistem operasi Raspbian.....	39
Gambar 2.22 Ilustrasi Free Space Path Loss .....	40
Gambar 2.23 Tampilan laman web Thingspeak.....	41
Gambar 2.24 Tampilan API keys pada thingspeak .....	42
Gambar 2.25 Tampilan Grafik pada thingspeak .....	43
Gambar 3.1 Diagram blok sistem secara keseluruhan.....	45
Gambar 3.2 Ilustrasi Penerapan Jaringan Wireless Sensor Network dalam system .....	46
Gambar 3.3 Ilustrasi komunikasi dua buah node jarak dekat.....	47
Gambar 3.4 Ilustrasi proses forwarding data dalam jaringan.....	47
Gambar 3.5 Diagram blok cara kerja node.....	48
Gambar 3.6 Flowchart sistem pada node .....	49

Gambar 3.7 Desain rancangan node sensor .....	51
Gambar 3.8 Skema rangkaian penghubung arduino Uno dengan LCD dan sumber daya .....	51
Gambar 3.9 Diagram blok Webservice.....	52
Gambar 3.10 Flow chart perangkat lunak pada webservice .....	54
Gambar 4.1 Realisasi Perangkat keras node sensor (Tampak Luar) .....	55
Gambar 4.2 Tampak Dalam Node Sensor.....	56
Gambar 4.3 Realisasi perangkat keras webservice .....	57
Gambar 4.4 Tampilan GUI pada webservice.....	58
Gambar 4.5 Tampilan grafik pada thingspeak .....	61
Gambar 4.6 Bentuk Pulsa pada oskiloskop .....	62
Gambar 4.7 Grafik hubungan volume terhadap pulsa.....	63
Gambar 4.8 Grafik hasil pengukuran debit air terhadap pulsa .....	64
Gambar 4.9 Grafik pengukuran arus setelah dilakukan Penghematan .....	68
Gambar 4.10 Pengaturan parameter komunikasi pada XCTU .....	69
Gambar 4.11 Hasil tes spectrum analyzer .....	70
Gambar 4.12 Pengaturan kanal operasi jaringan.....	70
Gambar 4.13 Pengujian pengiriman data dari Node sensor .....	71
Gambar 4.14 Format pengiriman data dari node sensor.....	71
Gambar 4.15 Penempatan ketiga titik uji coba jaringan.....	73
Gambar 4.16 Hasil uji coba komunikasi node 2 .....	74
Gambar 4.17 Hasil uji coba komunikasi node 1 .....	74
Gambar 4.18 Kecepatan transfer node 2 .....	75
Gambar 4.19 Kecepatan transfer node 1 .....	76
Gambar 4.20 Grafik Pengukuran FSPL .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO .....	16
Tabel 2.2 Jenis-jenis antenna pada Xbee .....	19
Tabel 2.3 Spesifikasi jangkauan Xbee line of sight .....	20
Tabel 2.4 Penjelasan pinout Xbee .....	22
Tabel 2.5 Spesifikasi Xbee S1 .....	23
Tabel 2.6 Fitur yang terdapat dalam Xbee S1 .....	23
Tabel 2.7 Spesifikasi Jaringan Xbee S1 .....	23
Tabel 2.8 Spesifikasi daya Xbee S1 .....	23
Tabel 2.9 Spesifikasi Raspberry Pi 2 Model B .....	38
Tabel 4.1 Hasil pengukuran pulsa dari waterflow sensor.....	63
Tabel 4.2 Hasil pengukuran konsumsi Arus .....	68
Tabel 4.3 Hasil pengukuran jangkauan modul Xbee .....	72
Tabel 4.4 Hasil pengukuran sinyal dalam jaringan WSN .....	74
Tabel 4.5 Kecepatan transfer jaringan WSN.....	75
Tabel 4.6 Hasil perhitungan FSPL pada Xbee. ....	78

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari manusia. Air dibutuhkan manusia untuk kebutuhan tubuh dan kebutuhan diluar tubuh. Tubuh manusia terdiri dari 70% air, oleh karena itu air merupakan elemen penting dalam keberlangsungan hidup manusia. Diluar tubuh manusia, air dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari mencuci, mandi, masak dan lain-lain. Keberadaan air di bumi berkaitan dengan adanya siklus cuaca. Pada musim kemarau misalnya, siklus cuaca menjadi berubah yang mengakibatkan tidak terbentuknya awan-awan yang dapat menghasilkan hujan, dengan demikian suatu daerah dapat mengalami kekeringan selama musim kemarau. Para ahli memperkirakan 72% permukaan bumi terdiri dari air namun sebagian besar merupakan air asin yang tidak dapat dikonsumsi manusia. Beruntung bagi masyarakat Indonesia, menurut data yang dirilis [mapsoftheworld.com](http://mapsoftheworld.com) Indonesia tergolong pada 6 negara (selain Brazil, Russia, Kanada, China dan Kolombia) yang memiliki 50% persediaan air minum dunia. Meskipun termasuk dalam negara dengan persediaan air minum yang banyak, nyatanya di beberapa daerah di Indonesia masih ada daerah yang mengalami kekeringan. Bahkan di pulau Jawa, pulau dengan kepadatan penduduk paling besar di Indonesia, terdapat beberapa kabupaten yang sering mengalami kekeringan. Berdasarkan data yang dirilis oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air pada Desember 2014, lima waduk penampung air untuk wilayah Jawa Timur berada pada posisi defisit [1]. Di kota-kota besar, persediaan air memang sudah mencukupi. PT. PDAM sebagai penyedia layanan air telah menyediakan layanan air yang didistribusikan ke rumah-rumah penduduk melalui pipa-pipa distribusi yang kemudian dipasang meteran air untuk menghitung pemakaian air tiap rumah.

Pada dunia Industri, air juga memiliki peranan yang penting. Air dapat digunakan sebagai alat untuk pencucian, yaitu air digunakan sebagai media pemindah kotoran atau impuritis. Contoh penggunaannya adalah untuk pengujian produk pada industri skala besar, namun air

yang digunakan disini harus terlebih dahulu dimurnikan dari mineral-mineral lainnya. Air juga dapat digunakan sebagai bahan baku, yaitu air dicampurkan untuk menghasilkan produk-produk tertentu. Misalnya pemanfaatan air sebagai bahan baku pada kilang petrokimia pembuatan Amonia, air disini dimurnikan terlebih dahulu lalu diubah menjadi uap oleh *steam boiler* lalu direaksikan dengan gas metan pada suatu reformer dengan kondisi temperatur yang tinggi untuk mendapatkan gas hydrogen dan karbon dioksida untuk diproses lebih lanjut menjadi Amonia. Selain itu, air juga berfungsi pada proses pendinginan atau *heat sink* dalam proses industri. Air disini digunakan sebagai penampung energu panas karena kalor laten dari air cukup besar untuk dijadikan sebagai media pendingin. Dari ketiga contoh diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa air merupakan sumber daya yang penting dalam dunia industri. Oleh karena itu, diperlukan adanya perangkat yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air baik dalam dunia industri ataupun kehidupan sehari-hari.

Efisiensi merupakan hal yang dipentingkan oleh manusia, terutama pada dunia industri. Dalam dunia industri, kombinasi waktu dan efisiensi dapat menentukan untung atau laba yang dihasilkan sebuah industri. Menurut kamus besar bahasa Indonesia, efisiensi berasal dari kata efisien yang berarti: “tepat atau sesuai untuk mengerjakan (menghasilkan) sesuatu (dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga, biaya.” Dalam penggunaan air berarti efisiensi adalah menggunakan air sesuai dengan kebutuhan. Efisiensi dalam penggunaan air dapat membantu menghemat persediaan air yang terbatas. Contoh proses yang kurang efisien misalnya pada sebuah pabrik, penggunaan air selama ini dihitung dengan menggunakan meteran air konvensional yang membutuhkan tenaga manusia untuk mencatat volume penggunaan air secara manual. Hal itu membutuhkan waktu tersendiri sehingga menambah biaya dan pekerjaan manusia.

Oleh karena itu, diperlukan adanya perangkat yang mampu memudahkan proses pencatatan air secara otomatis. Perangkat ini memudahkan proses pembacaan volume air pada meteran karena pengguna tidak perlu melihat bentuk fisik meteran untuk mengetahui jumlah penggunaan. Selain memudahkan proses pembacaannya,

penggunaan air juga dapat tercatat dengan baik, sehingga berdasarkan data yang tercatat tersebut dapat diketahui apabila terjadi kebocoran atau ketidak efisien-an. Hal ini dapat diwujudkan dengan memasang meteran air pada titik-titik tertentu pada pipa distribusi air. Dengan mengurangi jumlah volume air di pipa awal dengan jumlah volume air di pipa akhir dapat diketahui efisiensi distribusi air.

Dengan adanya tugas akhir ini, diharapkan dapat membuat jenis meteran baru yang dapat mengirimkan data jumlah penggunaan air melalui jaringan nirkabel. Jaringan tersebut menghubungkan satu perangkat meteran dengan perangkat meteran yang lain (*slave node*) dalam jaringan *Wireless Sensor Network*, kemudian pada titik tertentu , data penggunaan air akan diunggah ke server melalui perangkat dengan mikrokontroler raspberry. Perangkat ini berfungsi untuk mengumpulkan data dari *slave node* pada jaringan WSN (*master node*). Mikrokontroler raspberry ini dipilih karena dapat terhubung ke jaringan *internet* tanpa menggunakan sinyal GSM sehingga dapat dimanfaatkan pada tempat yang susah akses sinyal. Dengan demikian, penggunaan air dapat dipantau secara *online*. Meteran jenis baru ini juga dapat mengubah sistem pembacaan meteran sebelumnya yang menggunakan tenaga manusia. Dengan adanya meteran ini, proses pembacaan meteran air menjadi lebih mudah dan efisien.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain:

1. Bagaimaimana sensor dapat membaca jumlah volume air dengan tepat dan presisi.
2. Bagaimana penggunaan air dapat dipantau secara *online*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari perancangan alat ini adalah:

1. Menggunakan sensor *water flow* FS300A yang bekerja dengan prinsip *hall effect* untuk menghitung volume air.
2. Membuat meteran air yang dapat mengirimkan data penggunaan air dalam jaringan *Wireless Sensor Network* dengan modul Xbee.

### 1.4 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan Tugas Akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, dan artikel-artikel di internet dan forum-forum diskusi internet.

#### 2. Perancangan Sistem

Setelah mempelajari dasar teori dan literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

##### a. Perancangan Perangkat Lunak

Alat ini menggunakan Bahasa pemrograman C pada Arduino dan python yang ada pada raspberry Pi. Program disusun untuk mengatur hubungan *Wireless Sensor Network* antrar perangkat meteran. Arduino dengan bahasa C diprogram untuk mengubah besaran yang didapat oleh sensor *Waterflow* menjadi volume pemakaian air. Besaran tersebut kemudian ditampilkan pada LCD dan kemudian dikirim melalui jaringan *WSN* kepada meteran *master*. Meteran *master* tersebut diprogram untuk mengumpulkan data-data dari meteran *slave* kemudian mengirimkannya pada server. Database yang terkumpul pada server kemudian akan dapat diakses secara *online* melalui perangkat komputer.

#### b. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan *hardware* menggunakan sensor *water flow* untuk mengkonversi rotasi mini turbin menjadi bentuk pulsa listrik. Pulsa listrik tersebut kemudian diterima oleh mikroprosesor. Pulsa listrik akan diproses sedemikian rupa sehingga menghasilkan besaran volume air yang melalui sensor tersebut. Untuk mengoptimalkan presisi pengukuran, sensor harus terbebas dari efek temperature yang bervariasi, medan listrik dan medan magnet [2]. Tahap selanjutnya adalah melakukan konfigurasi *wireless sensor network* menggunakan Xbee. Dengan cara tersebut, meteran air akan terhubung dengan meteran lainnya untuk saling bertukar data. Data tersebut nantinya akan dikumpulkan di satu titik (*node*) kemudian data tersebut akan diupload pada server. Tahap selanjutnya adalah membuat konfigurasi wsn jarak dekat yang memungkinkan besaran meteran air untuk dilihat secara *remote* tanpa harus melihat bentuk fisik meteran.

#### c. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Menguji akurasi pembacaan sensor *Waterflow* dengan cara mengkalibrasi besaran listrik yang diterima oleh sensor dengan meteran air konvensional, sehingga tugas akhir ini dapat menghasilkan meteran air dengan akurasi dan presisi pembacaan yang baik.

2. Pengujian pengiriman data melalui jaringan WSN. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kecepatan dan ketepatan data yang terkirim dari titik *slave node* ke *master node* atau dari mikrokontroler Arduino ke Raspberry pi.

3. Uji coba jangkauan dari perangkat. Uji coba ini dimaksudkan untuk mengetahui jarak yang dapat dijangkau oleh jaringan *Wireless Sensor Network* dalam hal ini menggunakan Xbee.

#### d. Pengolahan Data

Melakukan analisa data dari hasil eksperimen sehingga dapat dipilih solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi.

e. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan mengacu pada data pengujian, analisis data dan referensi terkait. Kesimpulan menunjukkan hasil kerja secara garis besar sesuai rumusan masalah yang telah dibuat. Selanjutnya, penarikan saran juga perlu dilakukan sebagai bentuk koreksi terhadap penelitian yang telah dilakukan dan pengembangan penelitian selanjutnya terkait topik serupa.

f. Penulisan laporan Tugas Akhir

Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan pada saat pengujian sistem dimulai serta setelahnya.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab 1 :PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

- Bab 2 :DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor *waterflow* , *Xbee Transceiver* dan *Wireless Sensor Netork*.

- Bab 3: PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

- Bab 4 :PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan.

- Bab 5 : PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

### **1.6 Relevansi**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memudahkan pengguna air dalam menghitung penggunaan air.
2. Meningkatkan presisi pembacaan meteran air.
3. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pembacaan Meteran Air**

Air merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Setiap harinya manusia membutuhkan air untuk hidup. Air yang digunakan oleh manusia dapat bersumber dari air tanah ataupun air gletser. Air tanah adalah sumber mata air yang berada di kedalaman tertentu sehingga tidak tampak di permukaan bumi. Sumber air tanah baru mulai digunakan setelah abad 20 karena keterbatasan teknologi, sebelumnya manusia bergantung pada sumber air yang tampak di permukaan. Dengan adanya teknologi pompa air, manusia baru dapat memanfaatkan sumber air dalam tanah. Air gletser merupakan air yang berasal dari cairnya bongkahan-bongkahan es di kutub utara yang kemudian mengalir ke sungai-sungai untuk dimanfaatkan manusia.

Di Indonesia, sumber air yang digunakan kebanyakan berasal dari mata air di dalam tanah. Untuk memanfaatkan sumber air tanah, pengguna diharuskan membuat sumur air atau pun menggunakan pompa air untuk menyedot air dari dalam tanah. Air yang didapat tersebut terkadang keruh dan membutuhkan pengolahan dan penyaringan sendiri sebelum dapat digunakan. Namun tidak semua daerah memiliki jumlah sumber mata air yang sama. Di beberapa daerah sumber air dari air tanah kurang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan harian manusia. Sesuai dengan UU Pemerintah No.7 Tahun 2004, untuk menanggulangi permasalahan tersebut, pemerintah negara Indonesia telah membentuk PT.PDAM sebagai perusahaan penyedia layanan air bersih bagi masyarakat[3]. PT.PDAM memanfaatkan air yang bersumber dari kali atau sungai. Air yang masih dalam keadaan keruh tersebut diolah dengan penyaringan-penyaringan di kantor PDAM sehingga menghasilkan air bersih yang layak pakai. Air tersebut kemudian disalurkan kepada masyarakat melalui pipa-pipa distribusi bawah tanah. Untuk menghitung pemakaian air oleh masyarakat, PT.PDAM memasang meteran air di setiap rumah.

Meteran air yang terpasang di tiap rumah (ditunjukkan oleh gambar 2.1) digunakan untuk menghitung debit pemakaian air dalam satuan Meter kubik ( $M^3$ ). Dalam periode tertentu PDAM akan mengirim petugasnya untuk mencatat volume pemakaian air di setiap rumah untuk menentukan tagihan yang harus dibayarkan oleh konsumen.

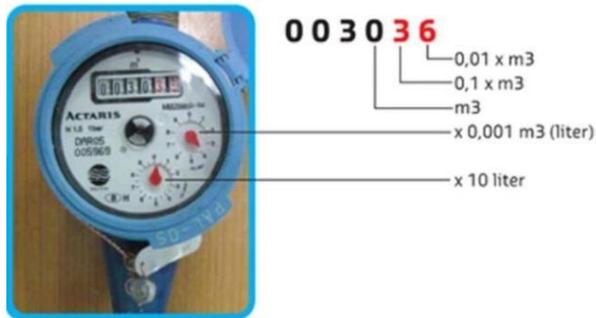


**Gambar 2.1** Jenis meteran air yang umum digunakan PDAM.

Cara kerja meteran air ini adalah dengan memanfaatkan kincir yang dipasang secara horizontal pada rongga yang dilewati aliran air. Poros kincir tersebut dihungkan dengan gear yang diatur sedemikian rupa sehingga banyaknya air yang keluar akan tertera pada meteran. Setiap meteran air yang terpasang merupakan meteran air yang sudah terkalibrasi dengan toleransi 0,5%-1%, namun seiring lamanya penggunaan, gear-gear yang terpasang pada meteran dapat mengalami aus sehingga mengurangi akurasi pengukuran.

Untuk mengetahui volume pemakaian total, pengguna layanan air harus mengerti arti dari warna-warna yang digunakan sebagai penanda satuan pada meteran air. Warna hitam digunakan untuk menunjukkan air dalam satuan meter kubik, sedangkan warna merah digunakan untuk menunjukkan sub-kelipatan dari meter kubik (liter). Volume ditunjukkan dengan gerakan kontinu dari satu atau lebih jarum penunjuk yang bergerak relative terhadap skala berjenjang atau skala melingkar melalui suatu indeks. Nilai dinyatakan dalam meter kubik,

untuk setiap skala divisi harus dalam bentuk  $10^n$  dimana  $n$  adalah angka positif atau negatif nol, dengan demikian ditetapkan sistem decade berurutan. Setiap jarum memiliki skala pengali yang beraturan ( $\times 0,001$ ;  $\times 0,01$ ;  $\times 0,1$ ;  $\times 1$ ;  $\times 10$ ;  $\times 100$ ) dan seterusnya.



**Gambar 2.2** Cara membaca meteran air konvensional.

### 2.2.1 Meteran air digital

Meter air digital dibuat untuk menggantikan fungsi dari meter jenis mekanik yang sudah ketinggalan jaman. Selain itu untuk meningkatkan kinerja dan hasil yang lebih baik dari meter mekanik. Banyak pabrik yang sudah membuat meter jenis ini dengan berbagai versi sebagai alternative pilihan bagi perusahaan pengguna meter air, tetapi kebanyakan dari industri meter tersebut semula hanya mengembangkan meter elektromekanik yaitu meter air masih menggunakan mekanik tetapi dengan registeter elektronik (digital).

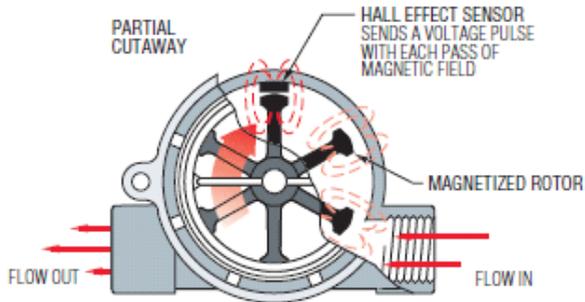
Terdapat beberapa jenis meteran digital. Yang pertama adalah elektromagnetik Meter yang bekerja secara elektronik dengan menggunakan magnet. Selanjutnya adalah *fluidic* osilasi meter yang bekerja dengan teknologi induktif yang diaplikasikan dalam sebuah sistem berbasis pulsa, perangkat ini disebut juga *smart meter*. Selanjutnya adalah ultrasonic meter, yaitu sebuah *velocity flow meter* yang bekerja dengan menggunakan sensor ultrasonik yang mengukur refleksi sinyal ultrasonik disebabkan oleh air yang melalui sensor tersebut. Perangkat ditunjukkan oleh gambar 2.3.



**Gambar 2.3** *Ultrasonic Doppler flow meter* yang bekerja dengan prinsip ultrasonik

## 2.2 Sensor Waterflow FS300A

*Water flow sensor* pada dasarnya adalah sensor yang memanfaatkan prinsip *hall effect* pada cara kerjanya. *Hall effect* dirancang untuk mendeteksi adanya objek magnetis dengan perubahan posisi suatu benda. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian memiliki frekuensi yang dapat di kalibrasikan sesuai dengan keperluan. Tegangan keluaran yang dari sensor *hall effect* tergantung kepada kerapatan flux magnet, jenis dan dimensi material yang digunakan, perbandingan arah antara jenis senyawa *hall effect* dan arah dari flux dan kerapatan magnet, arah dari arus yang melalui sensor dan sudut antara senyawa yang diukur dan flux magnet[4]. Sensor jenis ini biasa digunakan sebagai pengukur kecepatan. *Hall effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis yang menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe *Hall-Effect* sensor, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan fungsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit switch dan sensor keberadaan (*presence sensors*). Keluaran dari sensor ini merupakan pulsa-pulsa digital yang dapat diolah menjadi sebuah *database* dengan menggunakan mikrokontroler.



**Gambar 2.4** Prinsip kerja Sensor *Water Flow*.

Sensor Waterflow telah dilengkapi dengan turbin kecil yang berputar sesuai dengan kecepatan air. Pada turbin, terpasang magnet yang dapat mengubah polaritas arus listrik sesuai dengan kecepatan rotasi turbin seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.4. Dengan demikian, keluaran dari sensor ini dapat menghasilkan pulsa-pulsa listrik yang diakibatkan oleh magnet pada turbin. Pada perancangan ini sensor *hall effect* tunggal cocok diaplikasikan pada lubang kecil atau celah kecil pada permukaan material yang berbentuk slot shape daripada yang berbentuk lingkaran[5]. Water Flow Sensor bekerja pada tegangan 5V-18V, dengan flowrate air dari 1-60 L/menit dan tempratur hingga 80° C, bekerja pada tingkat kelembapan 35%-90%, lebar diameter sensor  $\frac{3}{4}$  inch, arus maksimal 15mA, memiliki kapasitas beban maksimal  $\leq 10$ mA, dan keluaran duty cycle  $50 \pm 10\%$ , bentuk fisik sensor waterflow fs300A G3/4 ditunjukkan oleh gambar 2.5.



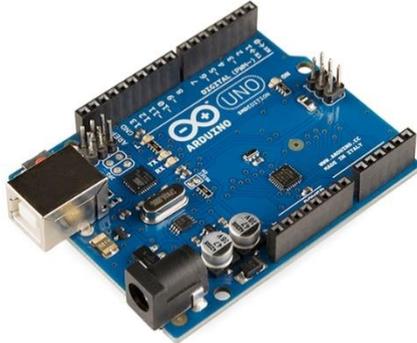
**Gambar 2.5** Sensor aliran air FS300A yang telah dilengkapi sensor *Hall Effect*.

## 2.3 Mikrokontroler Arduino UNO

Mikrokontroler adalah suatu chip yang dapat berfungsi untuk mengontrol rangkaian elektronik. Umumnya, mikrokontroler terdiri dari CPU, memori dan *Input/Output*. Beberapa mikrokontroler juga dilengkapi dengan ADC (*analog to digital converter*). Mikrokontroler dapat dimanfaatkan pada berbagai macam aplikasi elektronik sebagai prosesor atau pengendali utama. Umumnya mikrokontroler digunakan untuk memproses *raw* data dari sensor yang diterima melalui I/O ke bentuk data yang diinginkan.

UNO merupakan salah satu variasi mikrokontroler yang awalnya diproduksi untuk keperluan penelitian. Perangkat ini merupakan perangkat mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source*, artinya produsen perangkat ini membuka *source code* dari perangkat tersebut sehingga pengguna dapat mengetahui dan mengembangkan cara kerja dari perangkat tersebut. Arduino UNO menggunakan prosesor Atmel AVR. Bahasa pemrograman yang digunakan Arduino UNO adalah bahasa C/C++ yang sudah disederhanakan. Pola pemrograman yang digunakan juga tidak jauh berbeda yaitu dengan pola *Wiring* (*syntax* dan *library*). Pemrograman pada Arduino UNO dilakukan melalui perangkat lunak IDE (*integrated*

*development environment*) yang dirancang untuk mendukung penggunaan perangkat Arduino. Bentuk fisik ditunjukkan oleh gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Bentuk fisik Arduino UNO

### 2.3.1 Spesifikasi

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 ditunjukkan oleh gambar 6. Uno memiliki 14 pin digital *input/output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai. Arduino Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai versi R2) diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Revisi 2 dari Uno memiliki resistor pulling 8U2 HWB yang terhubung ke tanah, sehingga lebih mudah untuk menggunakan mode DFU. Berikut merupakan tabel spesifikasi Arduino UNO:[6]

**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino UNO

<b>Uraian</b>	<b>Keterangan</b>
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Masukan	7-12V(normal), 6-20V(limit)
Pin Input/Output Digital	14 (6 diantaranya PWM output)
Arus DC tiap pin I/O	20 mA
Memori Flash	32KB (ATmega328P)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Clock Speed	16 MHz
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25g

Arduino UNO dapat bekerja dengan catu daya 3.3V dan 5V, masing-masing memiliki Pin tersendiri pada *board* UNO. Selain itu, catu daya yang dibutuhkan dari Arduino UNO juga dapat bersumber dari baterai 9V yang dimasukkan ke *board* setelah melalui voltage regulator yang sudah tersedia pada perangkat. Keunggulan lainnya dari perangkat ini adalah tidak diperlukan chip pemrogram untuk memprogram perangkat karena didalam Arduino UNO sudah tersedia *bootloader* yang menangani upload program dari komputer. Selain itu perangkat ini juga lebih mudah digunakan karena bahasa pemrogramannya yang disederhanakan. Kelebihan lainnya adalah tersedianya *shield* atau perangkat pendukung untuk Arduino UNO seperti GPS shield, Ethernet shield, kartu SD dan lain-lain.

Pinout yang ada dalam Arduino memiliki fungsi yang berbeda. Pin analog digunakan untuk I/O berupa nilai tegangan yang akan dikonversi melalui ADC. Sedangkan pin digital digunakan untuk I/O berupa pulsa atau sinyal PWM. Selain itu ada pin TXD/RXD yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat lain secara serial. Selain itu juga dapat digunakan Pin SCL dan SDA yang digunakan untuk komunikasi I2C. Pin interrupt digunakan untuk intrupsi dalam program. Penjelasan ditunjukkan oleh gambar 2.7.



hanya perlu mengunduh *library* pendukung sensor tersebut dari internet kemudian dimasukan ke *software* IDE. Saat melakukan perancangan program, pengguna hanya perlu memanggil fungsi dari *library* tersebut sehingga bahasa pemrograman yang digunakan menjadi lebih ringkas. Gambar 2.8 berikut merupakan tampilan dari software IDE:



```
waterflowsensor | Arduino 1.6.9
File Edit Sketch Tools Help
waterflowsensor
|*
Liquid flow rate sensor -DIYhacking.com Arvind Sanjeev

Measure the liquid/water flow rate using this code.
Connect Vcc and Gnd of sensor to arduino, and the
signal line to arduino digital pin 2.

*/
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 8);
byte statusLed    = 13;

byte sensorInterrupt = 0; // 0 = digital pin 2
byte sensorPin      = 2;

// The hall-effect flow sensor outputs approximately 4.5 pulses per second per
// litre/minute of flow.
float calibrationFactor = 5.8;

volatile byte pulseCount;

float flowRate;
unsigned int flowMilliLitres;
unsigned long totalMilliLitres;
unsigned long totalLitres;

unsigned long oldTime;
```

**Gambar 2.8** Tampilan IDE Arduino

## 2.4 Transciever Xbee

Xbee adalah sebuah merk dari modul komunikasi radio yang diproduksi oleh Digi International. Pada awalnya radio Xbee pertama diproduksi oleh merk MaxStream berdasarkan standard IEEE 802.15.4 tahun 2003 yang dirancang unutup komunikasi *point to point* dan komunikasi *star* dengan kecepatan transfer data 250 kb/s. Modul Xbee dapat melakukan komunikasi antara satu dengan lainnya tanpa melalui kabel (*wireless*). Modul xbee cocok digunakan pada aplikasi-aplikasi yang memerlukan komunikasi antar modul namun memiliki kesulitan pada proses pemasangan kabel (Xbee diproduksi dalam berbagai pilihan antenna, diantaranya dengan konektor U.FL antenna, Chip antenna, wire antenna, PCB antenna dan RPSMA antenna. Penjelasan dari setiap antenna pada xbee ditampilkan pada tabel 2.2:

**Tabel 2.2** Jenis-jenis antenna pada Xbee.

Jenis Antena	Penjelasan
U.FL antena	Sebuah konektor kecil yang cocok digunakan apabila objek di dalam box dan antena berada diluar box
Chip antena	Sebuah chip kecil yang berfungsi sebagai antena. Jenis ini termasuk tipe yang simpel karena antena di print secara langsung pada papan sirkuit
Wire antena	Berbentuk sebuah kabel kecil yang digunakan sebagai antena
PCB antena	Sering disebut Trace antena, dibentuk secara langsung pada modul dengan jalur yang bersifat konduktif
RPSMA antena	Sebuah konektor yang lebih umum digunakan. Cocok digunakan apabila objek berada pada box dan antena berada diluar box

### 2.4.1 Varian Xbee

Terdapat dua jenis variasi dari modul Xbee, yaitu dalam bentuk *surfae mount* dan bentuk *through hole*. Perbedaan dari keduanya terletak pada ukuran dan cara menghubungkannya dengan perangkat lain. Pada modul Xbee *through hole*, modul hanya dapat dihubungkan dengan perangkat melalui salah satu sisi Xbee, sedangkan pada Xbee *Surface Mount* kedua sisi xbee dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Selain

itu ukuran komponen dari *surface mount* juga lebih kecil dan padat jika dibandingkan dengan *through hole*. Perbandingan keduanya dapat dilihat pada gambar 2.9. Xbee juga diproduksi dalam varian Xbee reguler dan Xbee Pro pada frekuensi 2.4 GHz. Perbedaan dari keduanya terletak pada jarak komunikasi yang mampu dijangkau oleh modul tersebut. Modul xbee pro menggunakan daya pancar yang lebih besar, sehingga jarak jangkauan xbee pro lebih jauh dibandingkan dengan xbee reguler. Xbee pro juga memiliki harga yang lebih mahal daripada xbee reguler. Selain frekuensi 2.4 GHz, xbee juga mengeluarkan varian dengan frekuensi 900 MHz dan frekuensi 868 MHz. Perbedaan jarak jangkauan antar modul xbee dapat dilihat pada tabel 2.3.[7]



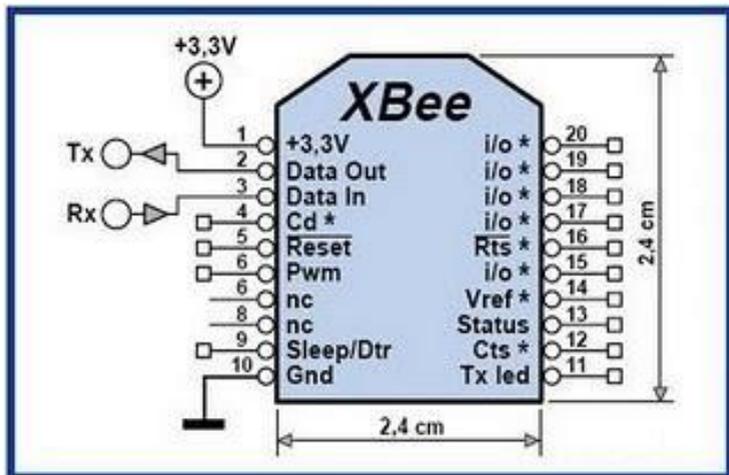
**Gambar 2.9** Varian Xbee through hole dan Xbee *surface mount*.

**Tabel 2.3** Spesifikasi jangkauan Xbee *line of sight*.

Jenis Xbee	Jangkauan Modul <i>Line Of Sight</i>	Arus Tx	Arus Rx
Xbee 2.4Ghz S1 Regular	90 m	45 mA	50 mA
Xbee 2.4 S1 Ghz Pro	1.6 km	250 mA	55 mA
Xbee 2.4 S1 Ghz Pro International J varian	1 km	150 mA	55 mA
Xbee Pro 900 Mhz S3B	14.5 km	215 mA	29 mA
Xbee 868 Mhz S8	4 km	48 mA	27 mA

## 2.4.2 Konfigurasi Pin Xbee

Modul komunikasi Xbee memiliki 20 pin yang memiliki fungsi berbeda-beda, diantaranya adalah VCC, Data in/out, Reset, Ground, pin input output (I/O) analog dan digital, PWM, VREF, dan lainnya. Modul komunikasi ini bekerja dengan daya 3.3 V dan melakukan komunikasi data input output melalui serial (UART). Salah satu keunggulan modul komunikasi ini adalah banyaknya pin input output sebanyak 6 buah, dan memungkinkan untuk melakukan komunikasi data tanpa harus diproses oleh bantuan mikrokontroler. Penjelasan dari pinout modul xbee dapat dilihat pada gambar 2.10 dan tabel 2.4.



**Gambar 2.10** Pinout modul komunikasi Xbee.

**Tabel 2.4** Penjelasan pinout Xbee

Pin	Nama	Penjelasan
1	Vcc	Power suplai
2	Tx	UART data out
3	Rx	UART data in
4	DIO 8	Digital output 8
5	Reset	Reset
6	PWM 0	PWM output 0
7	PWM 1	PWM output 1
8	Reserved	Not connect
9	Sleep	Pin sleep
10	Gnd	Ground
11	DIO 4	Digital I/O 4
12	CTS	Clear to send
13	ON SLEEP	Status indikator
14	VREF	Tegangan Referensi ADC
15	DIO 5	Digital I/O 5
16	RTS	Request to Send Flow Control
17	DIO 3	Digital I/O 3
18	DIO 2	Digital I/O 2
19	DIO 1	Digital I/O 1
20	DIO 0	Digital I/O 0

### 2.4.3 Spesifikasi Xbee Series 1 2.4 GHz

Xbee Series 1 atau Xbee S1 adalah salah satu varian xbee yang diproduksi oleh digi international. Jenis xbee ini mendukung penggunaan protokol jaringan digimesh pada frekuensi 2.4 GHz. Modul xbee s1 mendukung penggunaan topologi peer to peer, multi poin, topologi star dan topologi mesh. Xbee ini dapat bekerja sesuai dengan standard IEEE 802.15.4 yaitu standard yang cocok diaplikasikan untuk perangkat yang membutuhkan konsumsi daya rendah, *low latency* dan waktu komunikasi yang dapat diprediksi. Spesifikasi lebih lengkap ditunjukkan pada tabel 2.5 – 2.8 [8]. Xbee S1 ini membutuhkan daya 45mA untuk menerima data dan 50mA untuk mengirim data.

**Tabel 2.5** Spesifikasi Xbee S1

<b>Spesifikasi Performa Xbee S1</b>	<b>Deskripsi</b>
RF Data Rate	250 Kbps
Indoor/Urban Range	30 m
Outdoor/RF Line of sight Range	90 m
Transmit Power	1 mW (0 dBm)
Receiver Sensitivity(1% PER)	-92 dBm

**Tabel 2.6** Fitur yang terdapat dalam Xbee S1

<b>Spesifikasi Fitur Xbee S1</b>	<b>Deskripsi</b>
Serial data interface	3.3 V CMOS serial UART
Metode konfigurasi	Mode AT dan API
Frekuensi band	2.4 GHz ISM
Serial data rate	Maksimal 115.2 Kbps
Digital I/O	13
ADC input	6 buah 10-bit ADC

**Tabel 2.7** Spesifikasi Jaringan Xbee S1

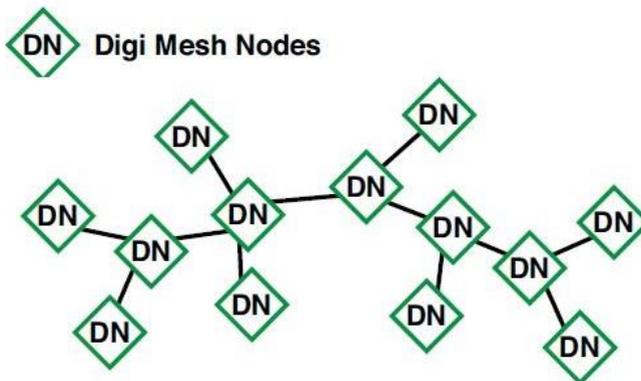
<b>Spesifikasi Jaringan</b>	<b>Deskripsi</b>
Metode addressing	PAN ID, Channel, 64-Bit Address
Channel	16
Realible packet delivery	Retries/Ack
Enkripsi	128-Bit AES

**Tabel 2.8** Spesifikasi daya Xbee S1

<b>Spesifikasi Daya</b>	<b>Deskripsi</b>
Tegangan Suplai	2.8 Volt – 3.4 Volt
Arus Tx	45 mA
Arus Rx	50 mA
Arus power Down	<50 uA

## 2.4.4 Protokol Komunikasi Digimesh

Protokol adalah sekumpulan aturan yang mengatur fungsi sebuah jaringan komputer. Protokol mengatur jalur komunikasi antara dua atau lebih nodes pada suatu sistem. Dengan protokol, dapat diatur kapan sebuah node akan mengirimkan dan menerima data. Selain itu, protokol juga dapat mengatur kapan sebuah node nyala atau mati (*sleep*). Protokol Digimesh adalah sebuah protokol komunikasi yang dikembangkan oleh perusahaan Digi International. Protokol digimesh ini menggantikan protokol Zigbee yang sebelumnya lebih populer digunakan.



**Gambar 2.11** Ilustrasi node pada protokol digimesh[9]. Protokol digimesh memiliki nodes yang bersifat homogen.

Protokol Digimesh mendukung beberapa penggunaan topologi jaringan yaitu *point-to-point*, *point-to-multipoint* dan *mesh*. Protokol ini memiliki fitur *sleep mode*, yaitu fitur yang memungkinkan setiap node yang terhubung di dalam jaringan untuk menonaktifkan dirinya secara sinkron sehingga perangkat dalam jaringan tersebut dapat menghemat konsumsi daya. Protokol ini cocok diaplikasikan pada perangkat yang bergantung pada tenaga baterai sebagai sumber tegangannya. Protokol digimesh juga mendukung proses *routing data*. Dengan fitur tersebut jarak transmisi data antara dua node menjadi tidak penting asalkan

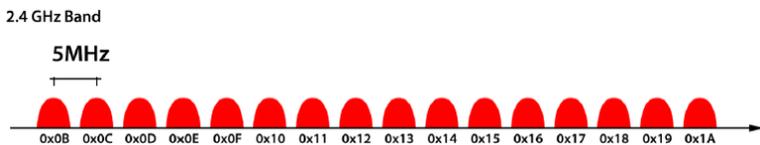
diantara keduanya terdapat node-node yang dapat dilewati informasi yang akan dikirimkan. Berikut merupakan keunggulan dari protokol digimesh [10]:

- **Routing data**  
Protokol ini mampu melakukan proses routing, yaitu memilih jalur komunikasi terbaik dalam mengirimkan sebuah pesan dari node ke node hingga mencapai node yang dituju.
- **Self Healing**  
Protokol ini mampu memperbaiki jalur komunikasi didalam jaringan apabila terdapat satu node yang hilang. Saat terdeteksi ada node yang hilang, Jaringan akan secara otomatis membuat jalur komunikasi baru menggantikan jalur yang terputus. Selain itu, protokol ini juga mampu melakukan koordinasi dengan node yang baru terhubung ke jaringan tanpa harus melakukan konfigurasi ulang, hal ini menjadikan penggunaan node dalam jaringan mudah dicopot dan mudah dipasang.
- **Arsitektur *peer to peer***  
Dalam jaringan digimesh node bersifat homogen atau sama rata sehingga tidak diperlukan hubungan *master-slave*.
- **Mode Tidur**  
Perbedaan yang paling kontras antara protokol digimesh dan zigbee terletak pada mode tidur. Pada protokol zigbee, hanya *end device* yang dapat melakukan mode tidur, sedangkan pada digimesh setiap node dapat melakukan mode tidur karena sifatnya yang homogen.

#### **2.4.5 Parameter Jaringan Digimesh**

Dalam melakukan konfigurasi jaringan terdapat beberapa parameter yang akan digunakan dalam mengatur alur komunikasi antar node dalam jaringan tersebut. Beberapa parameter juga dibutuhkan untuk mengeksekusi fungsi API. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam jaringan digimesh adalah sebagai berikut: [11]

- **MAC Address**  
Adalah 64 bit alamat yang dimiliki oleh sebuah modul komunikasi. Setiap modul memiliki MAC address unik dan tidak memiliki kesamaan. MAC address dibagi menjadi dua kelompok 32 bit angka, *high* dan *low*.
- **PAN ID**  
Adalah 16 bit angka yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah jaringan. Setiap node dalam sebuah jaringan memiliki PAN ID yang sama sehingga tidak terjadi pencampuran node dengan jaringan lainnya.
- **Node Identifier**  
Adalah 20 karakter ASCII string yang digunakan untuk mengidentifikasi node dalam sebuah jaringan. NI digunakan untuk menandai darimana sebuah data berasal. NI juga dapat digunakan untuk mencari sebuah node.
- **Channel**  
Parameter ini menunjukkan kanal frekuensi mana yang digunakan oleh modul untuk mengirim dan menerima data. Untuk modul komunikasi yang bekerja pada frekuensi 2.4Ghz, protokol digimesh memiliki 16 channel yang dapat digunakan.

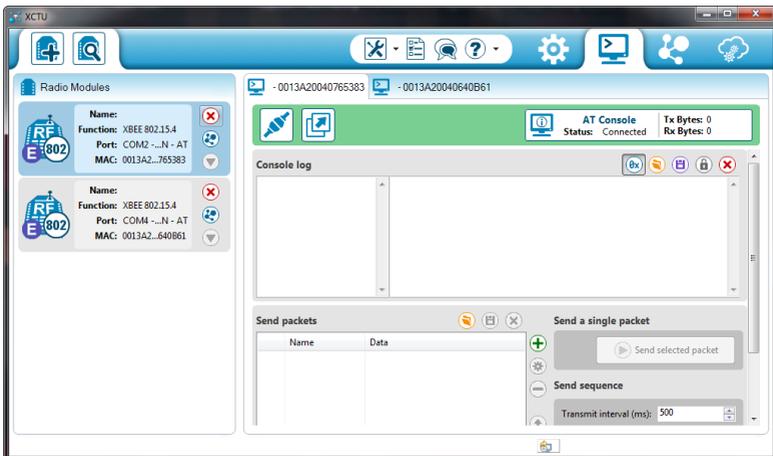


**Gambar 2.12** 16 Kanal komunikasi yang dapat digunakan pada protokol digimesh.

## 2.4.6 XCTU

XCTU adalah perangkat lunak yang dirancang oleh Digi International untuk mendukung penggunaan modul komunikasi Xbee.

*Software* ini digunakan untuk mengatur konfigurasi modul komunikasi xbee dalam sebuah jaringan. Parameter-parameter yang dibutuhkan oleh protokol jaringan digimesh juga diatur melalui XCTU. Selain itu XCTU juga menyediakan perangkat lunak untuk melakukan serangkaian test yang digunakan untuk mendukung penggunaan modul xbee, diantaranya adalah tes spektrum modul, tes *throughput*, tes jangkauan modul. Selain itu *software* ini juga digunakan untuk mengganti firmware yang terdapat dalam modul. Pada tugas akhir ini XCTU digunakan untuk serangkaian uji coba terhadap modul komunikasi Xbee. Berikut merupakan tampilan dari XCTU.



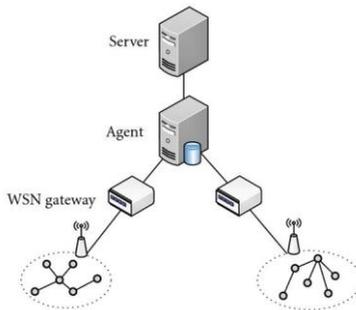
**Gambar 2.13** Tampilan jendela XCTU.

## 2.5 Wireless Sensor Network (WSN)

Jaringan sensor nirkabel atau lebih sering disebut dengan istilah *Wireless Sensor Network (WSN)* merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node sensor yang disebar di suatu area tertentu untuk membentuk suatu jaringan yang dapat digunakan untuk memantau suatu kondisi fisik atau lingkungan. Setiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan informasi untuk kemudian dikirimkan kepada webserver/base station. WSN adalah suatu infrastruktur jaringan wireless yang menggunakan sensor untuk memantau kondisi fisik atau kondisi lingkungan yang dapat terhubung

ke jaringan. Sensor sendiri adalah perangkat yang dapat mengubah suatu besaran fisis ke besaran fisis lainnya, misal intensitas cahaya diubah ke dalam bentuk resistansi tegangan. Masing–masing node dalam jaringan sensor nirkabel biasanya dilengkapi dengan radio transceiver atau alat komunikasi wireless lainnya, mikrokontroler, dan sumber energi, umumnya baterai.

Teknologi *Wireless Sensor Network* memungkinkan peneliti untuk memperoleh suatu informasi yang lengkap mengenai suatu kondisi tanpa harus berada di sekitar area sensor. Informasi dapat diakses dari jarak jauh melalui perangkat seperti laptop, smartphone, remote control, server dan sebagainya. Beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dari teknologi WSN adalah praktis dan ringkas karena tidak diperlukan adanya instalasi kabel yang rumit dan membutuhkan waktu lama, dan dalam kondisi geografi tertentu sangat menguntungkan dibandingkan dengan *Wired Sensor*. Keuntungan lain dari teknologi ini adalah memungkinkan adanya usaha kooperatif dari node sensor.



**Gambar 2.14** Ilustrasi Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) [12]

Contohnya adalah node sensor yang dilengkapi oleh mikrokontroler dapat memproses data mentah (*Raw Data*) ke bentuk yang lebih ringkas sebelum data tersebut dikirim ke node lainya, sehingga dua node atau lebih dapat bekerja sama untuk meringankan proses komputasi data[13]. Dengan teknologi WSN, Sensor menjadi bersifat *mobile* atau mudah dipindahkan, karena memungkinkan pengguna untuk memindahkan sensor dalam suatu keadaan tertentu untuk mendapat pengukuran yang lebih tepat tanpa harus memikirkan jalur komunikasi yang berubah, karena pada dasarnya WSN dapat

bekerja dimana saja asalkan perangkat node masih berada di dalam jangkauan modul komunikasi.

Secara umum *wireless sensor network* terdiri dari 2 bagian yaitu node sensor dan node koordinator. Node sensor adalah kumpulan dari beberapa komponen dan sensor yang dapat menghasilkan suatu data atau informasi yang nantinya akan diteruskan ke beberapa node yang lain. Informasi yang dikumpulkan dapat berupa besaran fisika (misalnya suhu, intensitas cahaya, getaran, dan sebagainya). Node sensor dapat berupa sensor atau aktuator yang dapat menghasilkan timbal balik (*feedback*). Sedangkan node coordinator merupakan suatu bagian dari WSN yang bertugas untuk mengumpulkan informasi atau data yang dihasilkan oleh node sensor, lebih lengkap akan diterangkan pada bagian komunikasi WSN. Ada tiga bentuk node koordinator, yang pertama node koordinator bisa diperankan oleh node sensor untuk mengumpulkan data. Berikutnya node koordinator dapat berupa PC/laptop yang juga bisa difungsikan sebagai prosesor dan monitoring data yang sudah dikumpulkan dari tiap-tiap node. Yang terakhir node koordinator berupa gateway yang terhubung ke jaringan internet sehingga membentuk jaringan yang lebih besar dan dapat diakses dari ditempat yang sangat jauh.

Perangkat WSN terhubung secara ad-hoc dan mendukung komunikasi multi-hop. Istilah ad-hoc adalah kemampuan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur jaringan seperti router atau akses point. Sedangkan multi-hop yaitu istilah yang merujuk pada komunikasi beberapa perangkat yang melibatkan perangkat antara (*intermediate*), multi-hop melibatkan perangkat antara seperti router untuk meneruskan sebuah paket dari satu node ke node lain dalam jaringan. Peningkatan jumlah aplikasi Wireless Sensor Network membutuhkan delay jaringan yang rendah. Penelitian saat ini di bidang WSN terutama terkonsentrasi pada bagaimana mengoptimalkan efisiensi energi dengan kurang memperhatikan masalah delay jaringan. Beberapa rancangan WSN baru ditargetkan pada aplikasi yang memerlukan delay transfer data yang rendah dan keandalan yang tinggi. WSN termasuk jaringan transfer data multihop dengan delay rendah dan hemat energi. Usianya bisa mencapai beberapa tahun dengan baterai kecil. Node-node saling berkomunikasi

menggunakan biaya dan daya yang rendah pada frekuensi radio. Hal ini merupakan salah satu keunggulan dari karakteristik WSN. Selain itu WSN juga memiliki topologi jaringan yang dinamis, lebih lengkapnya akan dibahas pada bagian komunikasi WSN.

### 2.5.1 Komunikasi *Wireless Sensor Network*

Dalam *Wireless Sensor Network*, komunikasi antara dua node dilakukan secara nirkabel dengan menggunakan modul-modul komunikasi, diantaranya adalah teknologi infrared, Bluetooth dan yang terbaru adalah teknologi Wi-Fi. Saat ini teknologi Wi-Fi merupakan pilihan utama dalam pengoperasian WSN. Teknologi ini dipilih karena memiliki keunggulan dari segi Jangkauan dan *Transfer rate*. Dengan modul Wi-Fi, data dapat dikirim ke jangkauan yang lebih luas dalam waktu yang lebih singkat karena *Transfer rate* yang dimiliki Wi-Fi 50 kali lebih besar daripada Bluetooth. Namun Wi-Fi memiliki kekurangan pada harga yang lebih mahal dan tingkat keamanan yang rendah. Perbandingan antara Wi-fi, Bluetooth dan Infrared ditunjukkan pada gambar 2.4. Berdasarkan gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi Wi-Fi lebih relevan dibandingkan dengan modul komunikasi lainnya untuk digunakan pada *Wireless Sensor Network*.

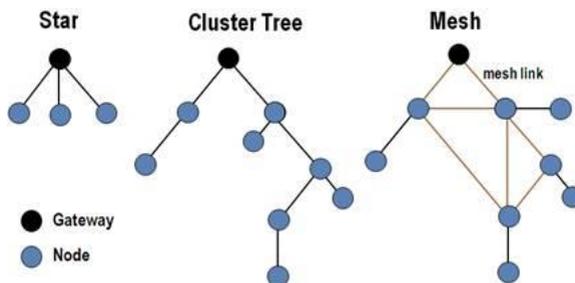
	Wi-Fi	Bluetooth	Infrared	NFC
Range	0 ~ 100 m	0 ~ 10 m	0 ~ 1 m	< 50 cm
Transfer rate	High 54 Mbps	Medium 1 Mbps	Medium	Low 424 kbps
Security	Low	High	Low	Very High
Cost	High	Medium	Medium	Very Low

**Gambar 2.15** Perbandingan teknologi komunikasi WSN. (gambar didapat dari lama slideshare Nagesh Mishra).

Untuk melakukan komunikasi dengan teknologi Wi-Fi digunakan standard komunikasi IEEE. Salah satu standard IEEE yang sering digunakan adalah keluarga IEEE 802.11. Standard komunikasi ini sudah digunakan sejak tahun 1985 oleh pemerintah Amerika Serikat. Teknologi jaringan ini merupakan yang paling umum digunakan. Ada beberapa pita frekuensi yang digunakan oleh 802.11 yaitu 2,5 GHz dan

5GHz. Frekuensi 2,5 GHz digunakan oleh IEEE 802.11b dan 802.11g, sedangkan frekuensi 5GHz digunakan oleh IEEE 802.11a[14].

IEEE 802.11 banyak digunakan pada masa awal penggunaan *wireless sensor network* dan saat ini masih bisa ditemukan pada jaringan yang membutuhkan bandwidth besar. Namun standard komunikasi ini memiliki kekurangan karena besarnya daya yang digunakan untuk mencapai bandwidth yang besar menyebabkan standard ini tidak cocok untuk jaringan yang membutuhkan daya rendah. Pada standard komunikasi 802.11 data rate yang besar dan melebihi dari yang dibutuhkan menyebabkan kebutuhan daya pada standard ini lebih besar. Untuk itu sudah diciptakan standard komunikasi yang baru yang sesuai dengan kriteria *wireless sensor network* yaitu IEEE 802.15.4. Standard komunikasi ini dirancang khusus untuk komunikasi dengan *data rate* rendah (250 kbit/s). Standard ini memungkinkan penghematan daya yang sangat besar dibandingkan dengan standard komunikasi sebelumnya. Dalam penerapan *wireless sensor network* terdapat beberapa topologi jaringan yang dapat digunakan, diantaranya: *tree*, *star* dan *mesh*.



**Gambar 2.16** Topologi yang umum digunakan dalam jaringan sensor nirkabel[15].

#### 1. Topologi Pohon (*Tree*)

Merupakan gabungan dari beberapa topologi *star* yang dihubungkan melalui topologi *bus*. Topologi *Tree* terdiri dari satu koordinator, beberapa *router* dan satu hingga ribuan *end device*. Pada topologi ini *router* ditempatkan diantara koordinator dan *end device* sehingga topologi ini memiliki beberapa tingkat jaringan. Koordinator

berfungsi untuk menginisiasi jaringan komunikasi yang akan disampaikan kepada *end device* melalui *router*. Pada topologi ini, *end device* yang terhubung kepada koordinator melalui *router* bertindak sebagai *client*. Topologi ini berbentuk pohon yang memiliki sebuah jalur komunikasi layaknya batang pohon dengan rantingnya. Kelebihan topologi ini adalah memudahkan pengguna untuk mencari sumber kesalahan apabila terdapat kerusakan.

## 2. Topologi Bintang (*Star*)

Perancangan topologi ini membutuhkan sebuah koordinator dan satu hingga ribuan *end device*. Topologi ini tidak membutuhkan *router* karena setiap perangkat *end device* akan terhubung kepada sentral jaringan, yaitu koordinator secara *point to point*. Untuk mengirimkan data dari satu perangkat ke perangkat lainya haruslah melewati hub atau koordinator untuk kemudian data diteruskan ke perangkat tujuan. Topologi ini disebut topologi bintang karena bentuk jaringan dari koordinator yang berada ditengah *end device* menyerupai bentuk bintang. Kelebihan topologi ini adalah mudah untuk melakukan penambahan perangkat *end device* tanpa harus merubah konfigurasi yang sudah ada.

## 3. Topologi Mesh

Terdiri dari satu koordinator, beberapa router dan satu hingga ribuan *end device*. Pada topologi ini koordinator diletakan di tengah-tengah jaringan sama seperti topologi bintang, namun pada topologi ini lajur data dari *end device* akan melalui *router* sebelum sampai ke koordinator. Dalam topologi ini setiap perangkat terhubung secara langsung ke perangkat tujuan, sehingga memungkinkan pemaksimalan distribusi transmisi. Pada topologi perangkat mampu melakukan proses *routing data*, yaitu data yang akan dikirim ke sebuah perangkat akan dilewatkan melalui jalur yang memiliki koneksi yang paling baik. Apabila sebuah koneksi terputus, maka perangkat akan secara otomatis mencari jalan baru (*routing*) sehingga data tetap sampai ke tujuan. Hal ini dapat terjadi karena setiap perangkat dalam topologi mesh saling terhubung. Kelebihan topologi ini adalah pada proses *routing data* yang mengakibatkan proses pengiriman data menjadi lebih cepat. Berdasarkan hasil penelitian pada beberapa subjek, diantaranya: *data dropped*, *package loss*, *delay* dan *throughput* diketahui bahwa topologi mesh memiliki komunikasi yang lebih baik dibandingkan dengan topologi lainnya[16].

### **2.5.2 Aplikasi *Wireless Sensor Network***

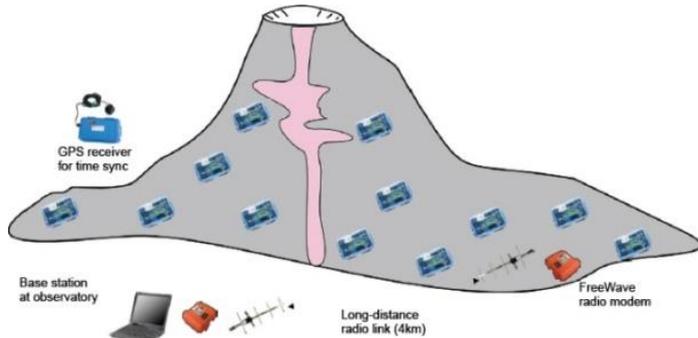
Jaringan sensor nirkabel saat ini telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk memudahkan hidup manusia, hal ini disebabkan oleh perkembangan jaringan WSN yang sangat pesat. Peningkatan kualitas jaringan WSN –jangkauan yang lebih besar, membutuhkan daya yang lebih sedikit, transfer rate yang lebih stabil – mengakibatkan meningkatnya pengaplikasian teknologi ini. Pengaplikasian jaringan ini bermacam-macam mulai dari bidang Militer, pertanian, industri dan kesehatan. Pada setiap bidang Jaringan sensor nirkabel dimanfaatkan dengan cara yang berbeda-beda, namun hampir setiap bidang memanfaatkan keunggulan jaringan WSN yaitu mudah dipasang dan tidak memerlukan kabel. Berikut merupakan beberapa contoh pemanfaatan jaringan sensor nirkabel;

#### **1. Bidang Pertanian dan Lingkungan**

Dalam bidang pertanian, pemanfaatan jaringan WSN dapat mempengaruhi hasil panen suatu lahan. Jaringan WSN memudahkan petani untuk memantau keadaan suatu lahan. Dengan memasang sensor kelembapan tanah dan sensor intensitas cahaya misalnya, seorang petani dapat mengetahui kapan harus melakukan irigasi tanaman, selain itu jumlah air yang diberikan pada lahan itu juga akan sesuai dengan kebutuhan karena ada sensor tersebut. Contoh lainnya pada bidang pertanian adalah pemanfaatan jaringan WSN untuk mendeteksi adanya lalat buah. Lalat buah merupakan hewan yang dapat merusak buah yang sudah matang sehingga harga jualnya dapat berkurang. Dengan memanfaatkan jaringan WSN dan sensor-sensor yang disebar di pohon-pohon tersebut dapat diketahui kapan adanya lalat buah itu dan dari arah mana datangnya, sehingga apabila jumlah lalat yang terdeteksi meningkat, petani dapat melindungi buahnya dengan memberikan bungkus untuk menutup buahnya dari serangan lalat.

Pada bidang lingkungan, jaringan WSN dapat dimanfaatkan sebagai sistem peringatan awal terhadap bencana alam. Misalnya, untuk mendeteksi getaran akibat gempa bumi ataupun gempa vulkanis; yaitu gempa yang diakibatkan oleh letusan gunung berapi (ditunjukkan oleh gambar 2.7), jaringan WSN dapat dimanfaatkan dengan menyebar sensor-sensor getaran di area yang ingin dipantau. Apabila terbaca adanya peningkatan getaran pada jaringan sensor tersebut maka sistem alarm akan secara otomatis

dihidupkan untuk memperingatkan masyarakat terhadap adanya kemungkinan bencana.. Contoh lain pada bidang ini adalah pemanfaatan WSN untuk mendeteksi kebakaran hutan.

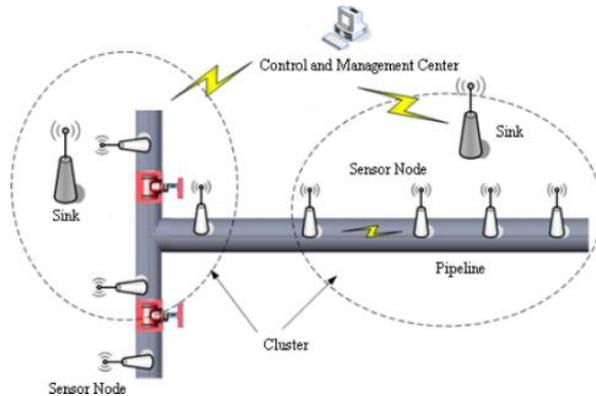


**Gambar 2.17** Ilustrasi pemanfaatan jaringan sensor nirkabel pada bidang lingkungan.

## 2. Bidang Industri

Pada bidang industri, pemanfaatan teknologi jaringan WSN terletak pada pabrik. Didalam sebuah pabrik dibutuhkan sebuah sistem yang dapat melakukan aktifitas secara otomatis dengan memanfaatkan sedikit bantuan manusia. Untuk mencapai efisiensi tersebut dibutuhkan sebuah jaringan yang dapat memantau variabel-variabel tertentu dalam proses produksi. Misalnya pada pembangkit listrik tenaga nuklir. Pada PLTN, tingkat radiasi yang tinggi menyebabkan keterbatasan kemampuan manusia untuk memantau keadaan reactor nuklir secara langsung. Untuk memantau keadaan tersebut dibutuhkan sensor-sensor yang dapat mengetahui keadaan di lokasi. Data-data tersebut kemudian dikirimkan melalui jaringan sensor nirkabel untuk kemudian dikendalikan oleh manusia pada jarak aman atau pada ruang control. Teknologi jaringan sensor nirkabel juga dapat dimanfaatkan untuk industri yang menggunakan *pipeline* atau pipa untuk distribusinya (misal: air, minyak, gas). Sensor tekanan ataupun sensor *waterflow* dapat diimplementasikan pada pipa sebagai pendeteksi tekanan gas ataupun debit air. Apabila

terdeteksi sebuah kejanggalan atau kesalahan dalam sebuah sistem maka proses produksi dapat langsung dihentikan. Dengan adanya teknologi tersebut, sebuah industri dapat melakukan monitoring terhadap proses produksinya dari jarak jauh secara *real-time*, sehingga proses produksi sebuah industri dapat menjadi lebih mudah dan aman.



**Gambar 2.18** Ilustrasi jaringan sensor nirkabel dalam memonitor sebuah *pipeline*.

### 3. Bidang Umum

Selain bidang-bidang yang telah disebutkan diatas, Jaringan sensor nirkabel juga dapat dimanfaatkan pada bidang lainnya. Misalnya pada aplikasi smart office ataupun smart home. Pada aplikasi tersebut, jaringan sensor nirkabel dimanfaatkan untuk memudahkan aktifitas sehari-hari manusia. Pada bidang ini sensor dan aktuator dimanfaatkan untuk menggantikan kerja manusia. Pada smart home misalnya, untuk menyalakan lampu saat hari sudah mulai gelap manusia perlu menyalakan lampu secara manual dari saklar. Namun, dengan smart home, sensor intensitas cahaya dapat mengetahui keadaan lingkungan, sehingga apabila terindikasi cahaya rendah, maka lampu akan dinyalakan secara otomatis oleh mikrokontroler yang telah terhubung. Pengaplikasian serupa juga dapat diterapkan pada pendingin ruangan, sistem keamanan rumah, alarm kebakaran dan sebagainya. Pada skala yang lebih besar, WSN juga dapat dimanfaatkan pada smart city. Pada smart city

WSN menghubungkan sensor-sensor yang tersebar di area kota untuk mengendalikan alat-alat tertentu.



**Gambar 2.19** Ilustrasi penggunaan WSN pada bidang umum.

## 2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah SBC (*single board computer*) yang dikembangkan oleh yayasan nirlaba Raspberry Pi Foundation di Inggris. Perangkat ini pertama kali dirancang oleh sekumpulan mahasiswa yang menginginkan adanya generasi baru dalam pemrograman komputer. Sekumpulan mahasiswa tersebut kemudian mendirikan Raspberry pi Foundation pada tahun 2009 dan dapat memproduksi perangkat secara massal pada tahun 2012. Saat peluncuran pertama, produk ini sudah laku hingga 100.000 unit dalam beberapa jam saja. Hingga saat ini, Raspberry Pi sudah mencapai generasi ketiga, yaitu Raspberry Pi 3.

Raspberry pi merupakan perangkat yang memiliki banyak fungsi. Perangkat ini mampu menjalankan sistem operasi layaknya komputer. Ukurannya yang kecil membuat perangkat ini seolah-olah menjadi komputer portable. Selain itu, raspberry pi juga dapat difungsikan sebagai mikrokontroler. Raspberry pi juga dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti rancang bangun server, rancang bangun robot dan peralatan teknologi lainnya. Harga yang relatif murah menjadikan perangkat ini banyak digunakan. Selain itu, pada

raspberry Pi juga terdapat beberapa jenis OS (*operating system*) yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.



**Gambar 2.20** Raspberry Pi 2 Model B

### **2.6.1 Spesifikasi Raspberry Pi 2 model B**

Raspberry pi 2 adalah generasi kedua dari hasil pengembangan raspberry pi. Perbedaannya terletak pada Chip yang digunakan dan kapasitas RAM yang dimiliki. Pada generasi pertama raspberry pi menggunakan CPU dari ARM11 yang bekerja dengan frekuensi 1Ghz. Sedangkan pada generasi kedua model B, CPU yang digunakan adalah Quad Cortex A7 yang bekerja dengan frekuensi 900Mhz. Perbedaan lain adalah pada raspberry pi 2 sudah tersedia slot Ethernet. Raspberry Pi tipe B ini mempunyai 4 port USB untuk perangkat I/O seperti keyboard dan mouse, Raspberry Pi model B ini terdapat 1 port ethernet untuk terkoneksi ke jaringan sehingga tipe B ini dapat digunakan untuk menjelajah di internet dan terhubung dengan komputer lain. Pada perangkat ini juga terdapat 40 pin GPIO yang dapat digunakan sebagai pengendali mikro. Perangkat raspberry pi membutuhkan memory card micro SD untuk sistem operasi perangkat dan menyimpan data-data. Raspberry Pi tipe B ini membutuhkan sumber tegangan sebesar 5 Volt dan akan bertambah tergantung seberapa banyak peripheral yang kita hubungkan dengan sistem. Catu daya dihubungkan ke port MicroUSB pada Raspberry Pi sama seperti Raspberry Pi tipe A sebelumnya. Sumber daya yang diperlukan raspberry pi dapat bersumber dari adapter ataupun kabel USB, namun penggunaan adapter direkomendasikan mengingat besarnya daya yang diperlukan akan terus bertambah sesuai dengan penggunaannya.

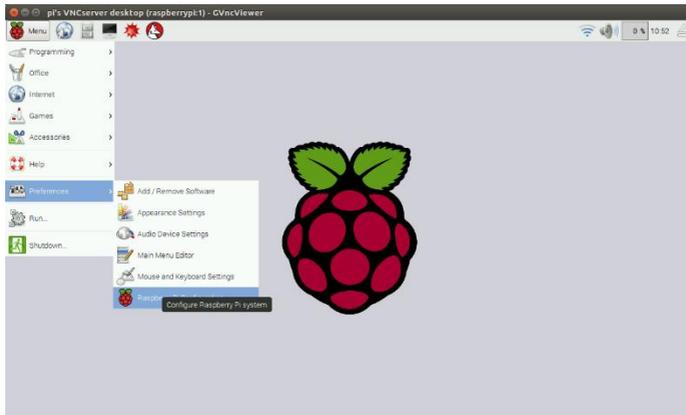
**Tabel 2.9** Spesifikasi Raspberry Pi 2 Model B[17]

<b>Uraian</b>	<b>Keterangan</b>
Tipe prosesor	Broadcom BCM2836 ARM v7 SoC
Kecepatan prosesor	Quad-core 900Mhz
Memory	1GB LPDDR2
GPU	Dual Core VideoCore IV Multimedia Co-Processor
GPIO Connector	40 pin 2.54mm
Camera Connector	15 pin MIPI Camera serial interface (CSI-2)
Video	HDMI, Composite RCA
Audio	Multi-channel HD via HDMI, stereo from 3.5mm Jack
Sumber Tegangan	Micro USB 5V, 800mA
Ukuran	85 x 56 x 17 mm

## 2.6.2 Sistem Operasi

Dalam pengoperasian sebuah perangkat raspberry diperlukan sistem operasi OS (*operating system*) untuk mendukung penggunaan alat. Sistem operasi adalah satu set program dasar dan program *utility* yang memungkinkan sebuah perangkat untuk bekerja. Sistem operasi pada raspberry dijalankan melalui micro SD card yang terhubung pada perangkat. Untuk memasang sebuah sistem operasi, pengguna perlu mengunduh sistem operasi tersebut dari internet. Kemudian, sistem operasi itu dapat dipasang ke micro SD yang telah dibersihkan menggunakan software Windows Disk Imager. Setelah sistem operasi terpasang, raspberry akan melakukan *booting* sistem operasi dari micro SD. Terdapat beberapa sistem operasi yang dapat digunakan pada raspberry pi, diantaranya adalah: Arch Linux ARM, Debian GNU/Linux, Gentoo, Fedora, FreeBSD, NetBSD, Plan 9, Inferno, Raspbian OS, RISC OS dan Slackware Linux. Pada tugas akhir ini sistem operasi yang digunakan adalah Raspbian.

Raspbian adalah sistem operasi gratis yang berdasarkan pada Debian dan dioptimasi untuk perangkat raspberry pi. Kelebihan dari raspbian adalah tersedianya lebih dari 35.000 paket program pendukung, bundle perangkat lunak yang mampu mempermudah penggunaan raspberry pi. Dengan fitur tersebut, untuk menambah program kedalam raspberry dapat menggunakan fungsi apt-get yaitu fungsi untuk mengunduh sebuah program melalui *command line* dari raspbian. Berikut merupakan tampilan dari sistem operasi raspbian:



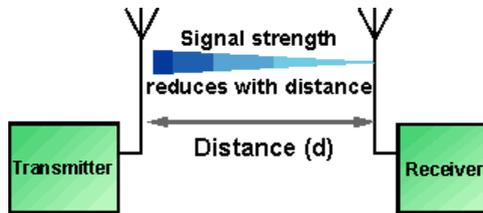
**Gambar 2.21** Tampilan standar sistem operasi Raspbian

## 2.7 Analisa *Free Space Path Loss*

Untuk membangun sebuah jaringan komunikasi yang ideal terdapat beberapa faktor yang patut diperhitungkan. Jaringan komunikasi yang baik tentunya memiliki sistem transmisi jaringan yang ideal pula. Kualitas sistem transmisi yang ideal dapat dipengaruhi oleh banyak hal, mulai dari jarak transmisi, jenis area transmisi, banyaknya distraksi dan interferensi dan sebagainya. Untuk menentukan kualitas transmisi dalam sebuah jaringan dapat diukur menggunakan analisa pathloss dan budget link.

Pathloss adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur suatu loss sinyal yang disebabkan oleh cuaca, kontur tanah, kondisi medan transmisi dan lain-lain, agar tidak mengganggu pemancaran antar 2 buah antenna yang saling berhubungan. Nilai pathloss menunjukkan level sinyal yang melemah (mengalami attenuation) yang disebabkan oleh propagasi free space seperti refleksi, difraksi, dan scattering. Path

loss sangat penting dalam perhitungan Link Budget, ukuran cell, ataupun perencanaan frekuensi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan pathloss adalah jarak pengukuran antara Tx dan Rx, tinggi antenna (Tx dan Rx), serta jenis area pengukuran.



**Gambar 2.22** Ilustrasi Free space path loss

Dalam bidang telekomunikasi, *Path loss* digunakan untuk melakukan planning dalam membuat sebuah jaringan baik yang bersifat *point to point* (titik ke titik) ataupun *multipoint* (banyak titik). Pathloss adalah pengurangan kepadatan daya (atenuasi) dari sebuah gelombang elektromagnetik karena penyebarannya dalam ruangan. Ilustrasinya adalah seperti ketika batu dijatuhkan ke dalam air, dimana disekitar titik batu tersebut jatuh akan muncul gelombang-gelombang yang bergerak menjauhi titik batu jatuh yang semakin lama menjadi semakin lemah hingga gelombang tersebut tidak terlihat lagi. Begitu juga pada transmisi sinyal, semakin jauh jarak transmisi maka semakin lemah gelombang sinyal yang diterima.

Dalam bidang komunikasi, *Free space path loss* adalah hilangnya kuat sinyal elektromagnetik yang berada dalam satu garis lurus tanpa hambatan diantaranya. Dalam standard IEEE Std 145-1983 "*standard definitions of term for antennas*" didefinisikan bahwa FSPL adalah hilangnya tenaga antara dua radiator isotropic dalam ruang bebas yang diekspresikan dalam perbandingan daya. FSPL dinyatakan dalam satuan dB.

## 2.8 Thing Speak

*Thing speak* adalah open source "*internet of things*" atau biasa disingkat IOT aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data menggunakan HTTP melalui internet. Beberapa fitur dari *thingspeak* diantaranya:

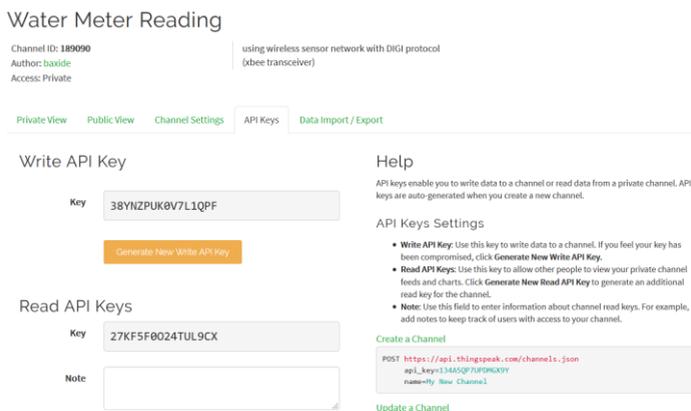
- Open API
- Mengoleksi data *real-time*
- Menampilkan geolokasi data
- Dapat memproses data melalui Matlab
- Visualisasi Data
- Tambahan Plugins

Internet of Things (IOT) menyediakan akses ke berbagai perangkat embedded dan layanan web. ThingSpeak adalah platform IOT yang memungkinkan kita untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan, dan bertindak atas data dari sensor atau aktuator, seperti Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Hitam, dan perangkat keras lainnya. Misalnya, dengan ThingSpeak kita dapat membuat aplikasi sensor-logging, aplikasi pelacakan lokasi. ThingSpeak berfungsi sebagai pengumpul data yang mengumpulkan data dari perangkat node dan juga memungkinkan data yang akan diambil ke dalam lingkungan perangkat lunak untuk analisis historis data.



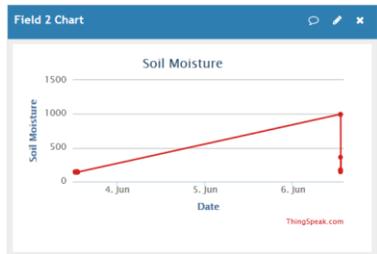
**Gambar 2.23** Tampilan laman web thingspeak.

Untuk mengambil data dari pengirim thingspeak menggunakan *API keys*, yaitu kode-kode khusus yang digunakan untuk membedakan darimana sumber data dan kemana data akan dikirimkan. Setiap channel dalam thingspeak memiliki kode API yang berbeda sehingga tidak terjadi kesalahan dalam menyalurkan data. Kode API selanjutnya akan dimasukkan pada program pengirim data menggunakan http library. Kemudian data-data tersebut akan disalurkan oleh *thingspeak* ke channel yang dituju. Pada gambar 2.24 ditunjukkan cara menemukan kode API pada *thingspeak* dari sebuah channel. Terdapat 2 API keys, yaitu *write* dan *read*. API *write* digunakan untuk memasukan data dari webserver ke dalam channel. Sedangkan API *read* digunakan untuk mengambil data dari *thingspeak* dan mengirimnya pada webserver.



**Gambar 2.24** Tampilan API keys pada thingspeak.

Setelah memasukan API key pada program, maka perangkat tersebut akan mengirimkan data secara otomatis ke channel thingspeak yang dituju. Selanjutnya data-data tersebut akan ditampilkan dalam grafik yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, ditunjukkan oleh gambar 2.25.



**Gambar 2.25** Tampilan grafik pada thingspeak.

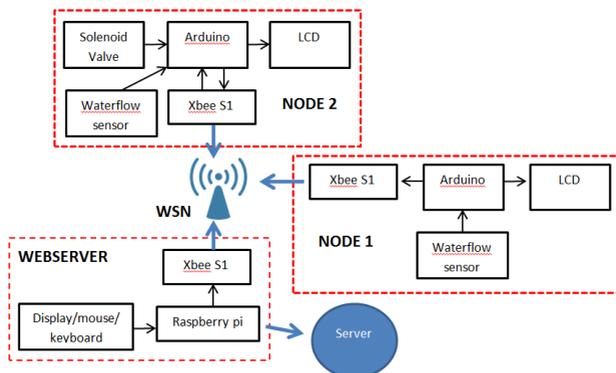
*Halaman sengaja dikosongkan*

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Pendahuluan

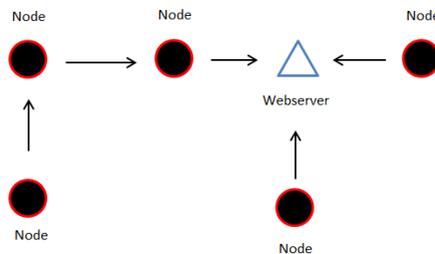
Pada tugas akhir ini sistem terdiri dari beberapa node yang digunakan untuk mengambil data dari sensor dan sebuah webserver yang digunakan sebagai kolektor dari data-data dari node. Sistem ini menggunakan system komunikasi RF (radio frequency). Sistem ini menggunakan Xbee seri S1 yang mendukung penggunaan protokol digimesh yang dibuat berdasarkan standar IEEE 802.15.4. Kegunaan dari protokol ini adalah memungkinkan adanya komunikasi antarnode dengan topologi jaringan mesh yang setiap node nya memiliki sifat homogen. Pada tugas akhir ini digunakan 2 buah node dan satu buah webserver. Node akan mengambil data dari sensor waterflow kemudian mengirimkannya ke dalam jaringan *wireless sensor network* yang akan dikumpulkan oleh webserver ditunjukkan oleh gambar 3.1. Kemudian webserver akan mengumpulkan data tersebut dalam sebuah database yang dapat diakses secara *online*. Penjelasan lebih detil akan dijelaskan dalam sub-bab berikut.



**Gambar 3.1** Diagram blok sistem secara keseluruhan.

### 3.2 Cara Kerja Sistem

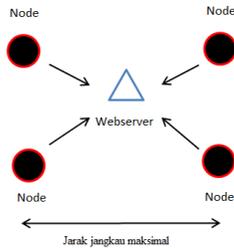
Sistem yang dirancang pada tugas akhir ini menggunakan 2 buah node yang dirancang menggunakan mikrokontroler arduino data. Mikrokontroler ini bertugas untuk mengkonversi besaran pulsa dari waterflow sensor ke besaran Liter dan Liter/menit. Data-data tersebut kemudian akan dikirimkan menggunakan modul komunikasi Xbee yang membentuk jaringan *Wireless Sensor Network* antar node-nya. Topologi yang digunakan yaitu digimesh memungkinkan adanya proses *routing* data, ditunjukkan oleh gambar 3.2



**Gambar 3.2** Ilustrasi Penerapan Jaringan *Wireless Sensor Network* dalam system.

#### 3.2.1 Komunikasi Jarak Dekat

Pada system ini komunikasi jarak dekat dapat dilakukan secara langsung apabila kedua node atau titik yang berkomunikasi berada dalam jangkauan. Xbee S1 yang digunakan memiliki jangkauan 30m *indoor* dan 90m *outdoor*. Apabila sebuah node berada dalam jangkauan komunikasi, maka node tersebut dapat mengirimkan data secara langsung pada webserver. Pada gambar 3.3 ditunjukkan bahwa setiap node yang berada dalam jangkauan webserver dapat mengirimkan data secara langsung. Dalam waktu yang sama beberapa node dapat mengirimkan datanya kepada webserver melalui jaringan WSN.

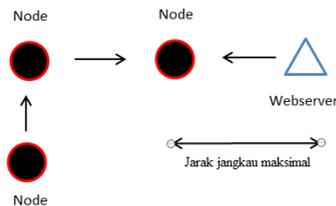


**Gambar 3.3** Ilustrasi komunikasi dua buah node jarak dekat.

### 3.2.2 Komunikasi Jarak Jauh

Dalam setiap proses pembuatan sebuah jaringan, komunikasi jarak jauh merupakan faktor yang patut diperhitungkan. Untuk membuat sebuah jaringan yang mampu berkomunikasi jarak jauh dapat menjadi sulit apabila digunakan kabel sebagai media komunikasi-nya. Apabila menggunakan kabel, sebuah jaringan memerlukan kerja dan waktu yang lebih karena kompleksitas proses instalasi kabel. Dengan menggunakan teknologi *radio frequency*, proses komunikasi dua titik menjadi lebih mudah dan praktis.

Namun tetap saja, sebuah modul komunikasi memiliki batasan jangkauan komunikasi. Untuk menanggulangi keterbatasan jangkauan tersebut digunakan protokol digimesh yang memungkinkan setiap node yang berada dalam area jaringan untuk saling terhubung dan membentuk jalur-jalur komunikasi data.

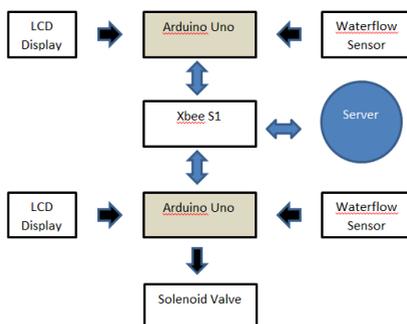


**Gambar 3.4** Ilustrasi proses *forwarding* data dalam jaringan.

Pada gambar 3.4 dapat dilihat bahwa node yang berada diluar jangkauan dari webserver tidak dapat mengirimkan data secara langsung. Untuk mengirimkan data kepada webserver, node tersebut akan mencari node yang berada lebih dekat kepada webserver kemudian mengirimkan data. Node kedua tersebut kemudian akan mencoba mengirim data kepada webserver, apabila webserver tidak terjangkau maka node akan mencari node lain yang lebih dekat kepada webserver, begitu seterusnya hingga data mencapai webserver. Proses ini dapat disebut juga dengan *forwarding data*.

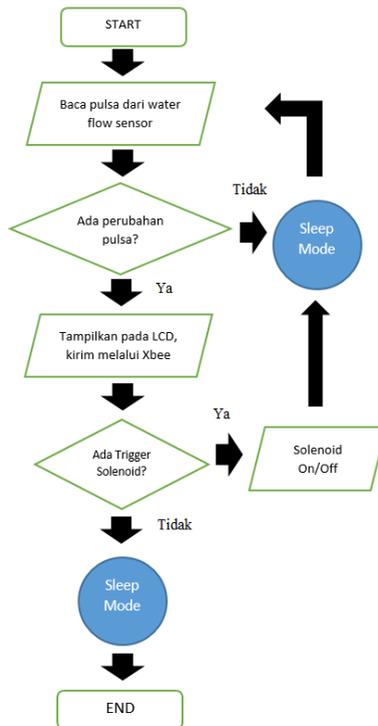
### 3.3 Cara Kerja Node

Node dirancang menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai prosesor dari data. Arduino akan memproses pulsa yang didapat dari sensor. Waterflow sensor FS300A menghasilkan pulsa yang berbanding lurus dengan kecepatan rotasi rotor dalam sensor tersebut. Sensor ini bekerja dengan prinsip *hall-effect* yang menghasilkan pulsa apabila terjadi perubahan magnetis pada rotor. Saat air melewati sensor, pulsa-pulsa akan dihasilkan oleh sensor yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian akan mengubah jumlah pulsa yang dihasilkan ke besaran flowrate (L/m) dan volume (Liter). Besaran tersebut ditampilkan pada tampilan LCD 16X2.



**Gambar 3.5** Diagram blok cara kerja node

Pada gambar 3.4 dapat diperhatikan bahwa ada komunikasi dua arah antara Xbee dengan Arduino dan Webserver. Arduino akan mengirimkan data-data dari sensor waterflow kepada webserver melalui modul komunikasi Xbee. Sebaliknya, Webserver juga dapat mengirimkan perintah berupa *start* dan *stop* untuk mengendalikan solenoid valve pada Arduino. Adapun cara flowchart perangkat lunak dijelaskan pada gambar 3.6



**Gambar 3.6** Flowchart sistem pada node.

Sistem yang dirancang pada arduino menggunakan *sleepmode* untuk menghemat daya yang digunakan. *Sleepmode* juga dilengkapi dengan sistem *interrupt*, yaitu perintah yang dapat melakukan intrupsi

saat ada terbaca ada perubahan pada waterflow sensor. Ketika sensor mendeteksi adanya aktivitas air, sensor akan mengaktifkan pin *interrupt* yang akan membangunkan arduino dari *sleepmode*. Dengan interrupt juga dimungkinkan untuk mengambil data dari sensor setiap satu detik. Jumlah pulsa yang dihasilkan setiap detiknya akan sesuai dengan jumlah dan kecepatan air yang melalui sensor. Arduino kemudian akan melakukan proses konversi frekuensi pulsa listrik dari sensor ke besaran Liter, lalu besaran tersebut akan dikirimkan kepada webserver melalui Xbee. Selanjutnya, arduino akan mendeteksi apabila ada perintah untuk membuka-tutup solenoid valve. Perintah tersebut berasal dari interface GUI pada webserver yang digerakan oleh operator. Data yang dikirim oleh arduino merupakan data hasil olahan dari pulsa-pulsa listrik dari waterflow sensor. Untuk mengubah frekuensi pulsa (hz) ke volume (liter) digunakan perhitungan yang ditunjukkan oleh persamaan 3.1 dan 3.2.

$$P = C \times Q \quad (3.1)$$

P = Pulsa (hz)

$$Q = \frac{P}{C}$$

C = Faktor Kalibrasi

$$V = \frac{Q \times T}{60}$$

V = Volume Air (L)

$$V = \frac{P \times T}{C \times 60} \quad (3.2)$$

T = Waktu (sekon)

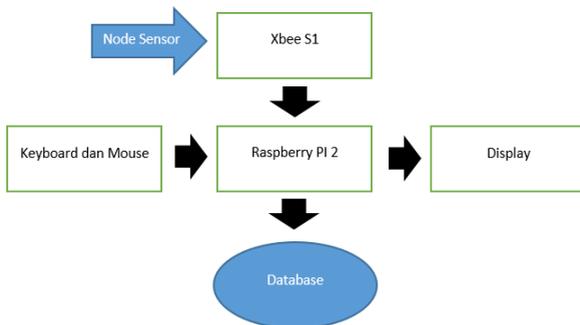
Debit air dapat didefinisikan dengan jumlah pulsa dibagi faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi merupakan variable yang digunakan untuk mengatur akurasi sensor. Untuk posisi yang berbeda (horizontal,vertical) memiliki faktor kalibrasi yang berbeda. Dengan demikian dapat diketahui besaran volume (L) dari debit air (L/m) dikalikan dengan lama penggunaan. Perhitungan tersebut akan diproses oleh mikrokontroler arduino, setelah itu data yang sudah diolah akan dikirimkan kepada jaringan WSN melalui modul Xbee. Skema rancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.7.



### 3.4 Cara Kerja Webservice

Pada tugas akhir ini webservice merupakan perangkat yang digunakan sebagai kolektor data-data yang dikirim oleh node melalui jaringan WSN. Webservice juga digunakan sebagai interface antara jaringan WSN dan operator. Melalui Webservice, operator dapat mengendalikan solenoid valve yang terpasang pada node. Webservice dirancang menggunakan mikrokontroler raspberry pi 2. Raspberry pi dipilih karena dapat terkoneksi ke jaringan Internet melalui Wifi dongle. Selain itu penggunaan sistem operasi raspbian pada raspberry pi memungkinkan adanya interface dan tampilan yang memudahkan penggunaan sistem oleh operator.

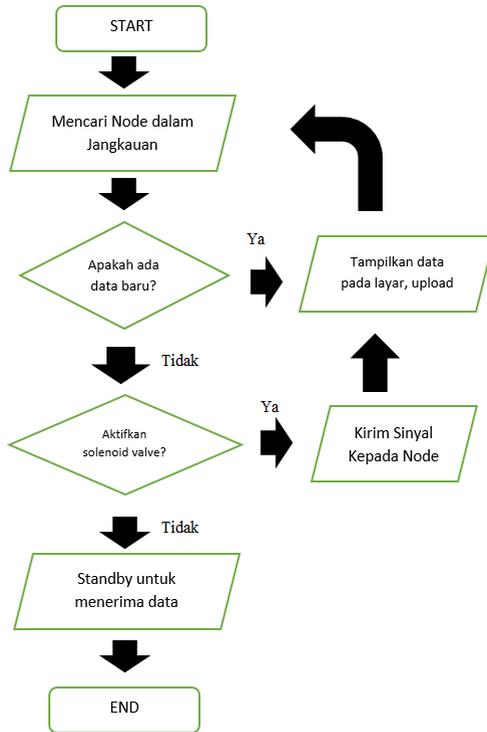
Untuk menggunakan interface pada sistem, raspberry akan menggunakan mouse dan keyboard untuk menerima perintah operator. Layar display juga digunakan untuk menampilkan interface raspberry. Dengan keyboard dan mouse operator dapat berinteraksi dengan GUI pada sistem. Koneksi ke jaringan internet dari raspberry pi dapat dilakukan melalui 2 metode yaitu melalui kabel Ethernet dan Wifi Dongle. Pada tugas akhir ini Wifi dongle digunakan untuk kemudahan instalasi dan mobilitas perangkat. Diagram blok sistem dijelaskan pada gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Diagram blok Webservice

Raspberry pi menggunakan sumber tegangan dari adaptor DC 5V 1,5A. Pemilihan adaptor dikarenakan perlunya raspberry untuk standby untuk menerima data dari node. Webservice terhubung dengan jaringan WSN melalui perangkat Xbee S1. Data dari node sensor akan diterima raspberry melalui serial usb port yang terhubung ke xbee menggunakan perangkat usb xbee adapter. Data yang diterima raspberry merupakan data yang sudah diolah node/arduino ke dalam satuan Liter. Data tersebut akan masuk ke tampilan GUI (*Graphical User Interface*) yaitu tampilan yang memudahkan interaksi antara manusia dan perangkat keras. GUI yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Python dengan ekstensi TKinter. Tkinter merupakan *library* tambahan python yang memungkinkan adanya tampilan GUI berupa Jendela, textbox, button, dan lainnya. .

Gambar 3.10 menunjukkan cara kerja perangkat lunak pada sistem. Perangkat lunak pada sistem ini akan mencari node yang berada dalam jarak jangkauan webservice. Sistem kemudian akan menunggu apakah ada data yang diterima. Setelah xbee menerima data baru, data tersebut akan ditampilkan dalam GUI menggunakan python tkinter. Tampilan tersebut berupa data log yang ditampilkan pada jendela GUI. Selain itu data data tersebut juga dikirim kepada database yang dapat diakses secara online. Webservice juga dapat mengendalikan solenoid valve pada node melalui GUI . Untuk menggerakkan solenoid, webservice akan mengirimkan pesan melalui xbee yang kemudian akan membangunkan xbee dari posisi *sleep*, kemudian mengaktifkan solenoid valve.



**Gambar 3.10** Flow chart perangkat lunak pada webserver

Data yang diterima oleh webserver dari node sensor akan ditampilkan di halaman web *thingspeak.com*, yaitu laman web gratis yang menyediakan ruang untuk database yang dapat diakses secara online. Tersedia beberapa channel yang dapat digunakan secara cuma-cuma yang dapat digunakan sebagai tampilan dari sebuah jaringan sensor. Data yang dikirim melalui webserver akan diterima oleh *thingspeak* kemudian akan dikonfirmasi apabila paket data telah diterima. Tampilan dari laman ini sangat sederhana dan mudah digunakan, yaitu berupa grafik-grafik dari data yang dikirim oleh webserver.

## BAB IV

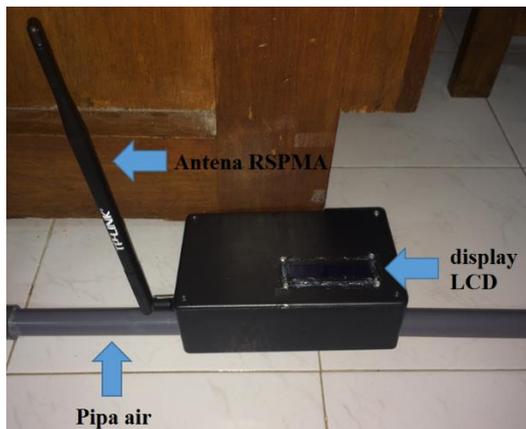
### ANALISA DAN PENGUKURAN SISTEM

#### 4.1 Hasil Perancangan

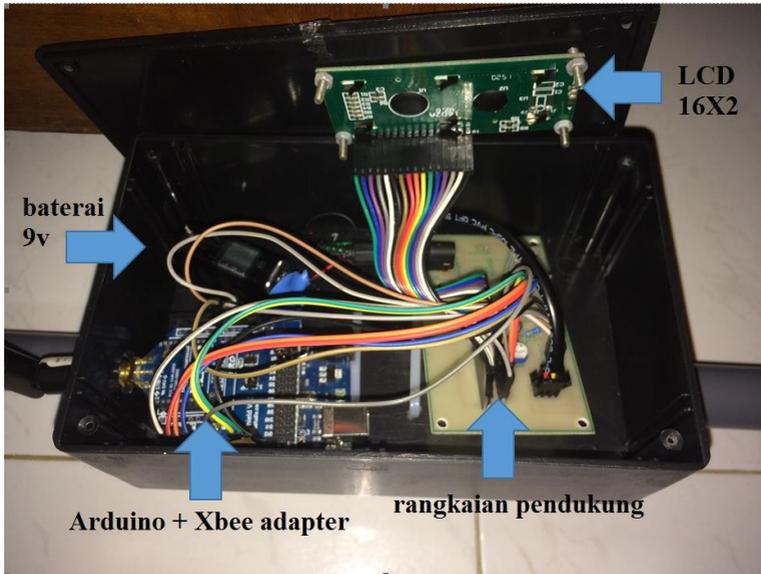
Pada tugas akhir ini, hasil perancangan terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah node sensor dan bagian kedua adalah webserver.

##### 4.1.1 Perangkat Keras Node Sensor

Node Sensor dirancang dengan menggunakan mikrokontroler arduino. Sumber daya pada node bersumber dari baterai 9V. Sensor yang digunakan merupakan sensor aliran air FS300A. Perangkat ini melakukan komunikasi melalui RF modul Xbee Series 1. Perangkat ini akan membaca pulsa dari sensor kemudian diproses arduino dan dikirim melalui Xbee. Perangkat arduino terhubung dengan modul Xbee menggunakan Xbee Shield. Pada perangkat terdapat LED yang merupakan indikator dari sistem. Perangkat node dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2.



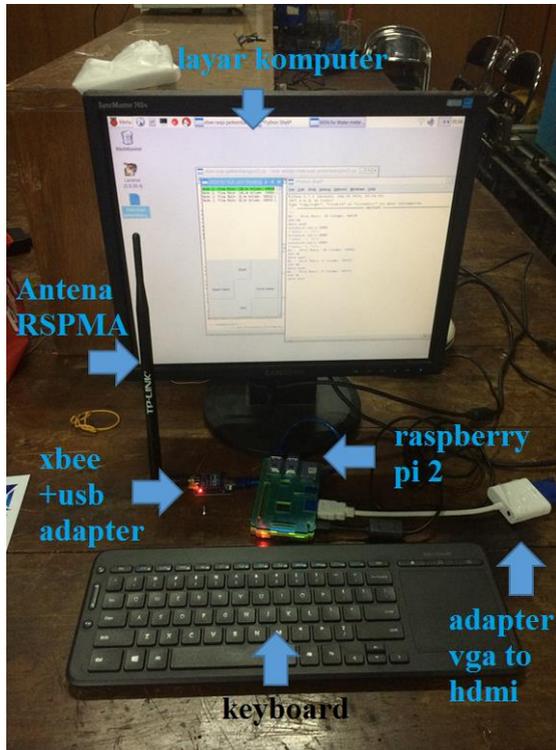
**Gambar 4.1** Realisasi Perangkat keras node sensor (tampak luar)



**Gambar 4.2** Tampak dalam perangkat Node Sensor

#### **4.1.2 Perangkat Keras Webservice**

Webservice dirancang menggunakan raspberry pi sebagai prosesor data. Data masuk ke webservice melalui jaringan WSN yang terhubung dengan webservice secara serial menggunakan modul komunikasi Xbee. Pada webservice dirancang *interface* yang akan menampilkan data-data yang diterima oleh webservice pada jendela. Pada GUI juga terdapat tombol-tombol yang dapat digunakan untuk mengendalikan solenoid pada node. Keyboard dan mouse digunakan untuk mengendalikan interface pada sistem tersebut. Pada sistem ini Raspberry menggunakan sumber daya dari adaptor dengan tegangan 12V dan arus 2A. Webservice akan terhubung ke jaringan internet melalui koneksi wireless menggunakan dongle. Hasil rancangan webservice dapat dilihat pada gambar 4.3.

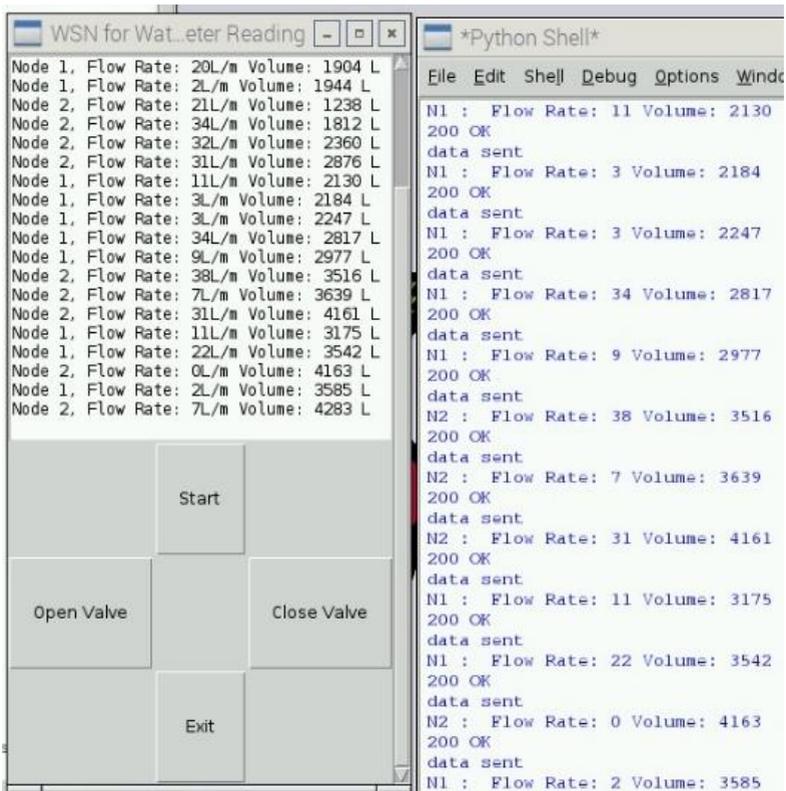


**Gambar 4.3** Realisasi perangkat keras webserver.

### 4.1.3 Perangkat Lunak Webserver

Raspberry yang digunakan pada sistem ini menggunakan sistem operasi raspbian yang didalamnya terdapat bahasa pemrograman python. Interface pada webserver dirancang menggunakan python dengan tambahan library tkinter yang memungkinkannya dibuat tampilan GUI berupa daftar data-data yang telah diterima oleh webserver yang kemudian akan dikonfirmasi apabila data tersebut telah diterima oleh halaman web *thingspeak*.

Pada interface terdapat beberapa tombol yang dapat digunakan untuk mengendalikan sistem. Tombol Start pada GUI digunakan untuk memulai program. Saat ditekan, Program akan dimulai dengan python membuka serial dari port *dev/tty/USB0*. Tombol Open valve digunakan untuk membuka valve solenoid yang berada pada node sensor. Close valve digunakan untuk menutup solenoid valve pada node sensor. Tombol exit digunakan untuk menutup jendela program. Jendela ditunjukkan pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Tampilan GUI pada webserver.

Ketika tombol start telah ditekan maka program akan melakukan *looping* untuk memproses data yang diterima oleh serial port melalui xbee. Program akan dapat mengidentifikasi sumber node pengirim dengan penanda yang ada pada data yang dikirim. Program akan mengecek apakah data tersebut benar dengan mencocokkan awal data. Dengan menggunakan *split()* program dapat memisahkan pengenalan dari string data yang diterima oleh xbee menjadi 4 bagian. Pengenal pada sistem ini merupakan Node1 dan Node2 yang merupakan 5 huruf awal pada data string yang dikirim oleh node sensor. Bagian kedua dan ketiga dari *string* data merupakan *flowrate* dan volume yang terbaca oleh sensor. Sedangkan bagian keempat hanya merupakan pembatas.

```
def readSerial():
    global ser,flowrate1,flowrate2,volume1,volume2,slave,zonk,sole
    baca_node = ser.readline()
    if (baca_node[0:1]=='N'):
        [slave,
         flowrate,
         volume,
         zonk]= baca_node.split("|")
        if (slave == "Node1"):
            flowrate1 = flowrate
            volume1 = volume
            log.insert(INSERT,"Node 1, Flow Rate: ")
            log.insert(INSERT,flowrate1)
            log.insert(INSERT, "L/m Volume: ")
            log.insert(INSERT,volume1)
            log.insert(INSERT,' L\n')
            print "N1 : ", "Flow Rate:", flowrate1 ,"Volume:"
```

Data *flowrate* dan volume yang telah dipisahkan dari data *string* kemudian akan ditampilkan dalam sebuah textbox pada GUI. Selanjutnya data akan dikirimkan kepada *thingspeak* dengan menggunakan library tambahan *httplib* dan *urllib* yang digunakan untuk mengakses laman web. Untuk mengakses kanal pada *thingspeak* dibutuhkan API key yaitu kode unik dihasilkan oleh kanal tersebut.

Untuk menampilkan data pada *thingspeak* pengguna terlebih dahulu harus membuat akun pada laman web [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com). Selanjutnya pengguna dapat memilih channel > my channels > new

channel. Setelah itu pengguna dapat memberi nama channel dan mengisi kanal sesuai kebutuhan. Setelah itu pengguna dapat memilih *save channel*. Pengguna lalu dapat menemukan API keys pada menu kanal, yaitu kode yang digunakan oleh *thingspeak* untuk mengidentifikasi darimana sumber data dan kemana data akan disalurkan. Terdapat dua API key, yaitu *write* yang digunakan untuk memasukan data dan *read* yang digunakan untuk membaca data. Jadi, setiap kanal akan memiliki API key yang berbeda untuk ditempatkan dalam program, dalam hal ini API key dari kanal yang digunakan adalah 38YNZPUKOV7L1QPF seperti yang ditunjukkan pada program dibawah (lingkaran merah). Selanjutnya, didalam sebuah channel terdapat 8 buah field yang dapat diisi dengan data-data dan ditampilkan dalam bentuk yang diinginkan, baik itu *line*, *bar*, *column* ataupun *spline*.

```
if (volume > 0):
    params = urllib.urlencode({'field1': volume1, 'field2': volume2,
                              'field3': flowrate1, 'field4': flowrate2,
                              'key': '38YNZPUKOV7L1QPF'})
    headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept":
              "text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,*/*;q=0.8"}
    conn = httplib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
    try:
        conn.request("POST", "/update", params, headers)
        response = conn.getresponse()
        print response.status, response.reason
        data = response.read()
        conn.close()
    except:
        print "connection failed"
    else:
        print "data sent "
```

Pada tugas akhir ini terdapat 4 *field* yang digunakan untuk menampilkan volume node 1, flow rate node 1, volume node 2 dan flow rate node 2. Data-data yang diterima oleh *thingspeak* akan dikonfirmasi apabila sudah diterima dengan mengirimkan umpan balik '200 ok'. Selanjutnya data akan ditampilkan dalam grafik-grafik di laman web *thingspeak* yang ditunjukkan oleh gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampilan grafik pada thingspeak

#### 4.1.4 Perangkat Lunak Node Sensor

Arduino pada node sensor menggunakan bahasa pemrograman C melalui Arduino IDE pada computer. Bagian pertama dari perangkat lunak ini adalah mengkonversi pulsa yang dihasilkan oleh sensor aliran air ke dalam besaran Liter dan Liter/menit. Bentuk pulsa yang dihasilkan oleh sensor ditampilkan dalam oskiloskop pada gambar 4.6.



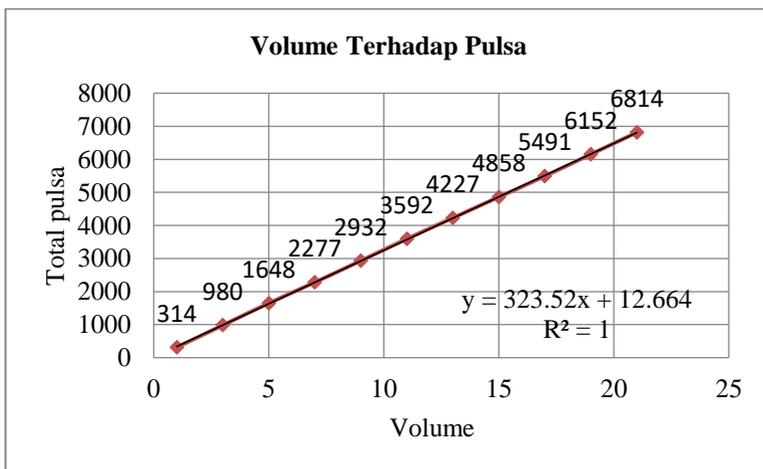
**Gambar 4.6** Bentuk pulsa pada oskiloskop

Berdasarkan hasil pengukuran 50 mL air pada oskiloskop didapatkan jumlah pulsa adalah 5. Maka setelah digunakan rumus yang dijelaskan pada gambar 4.8, maka jumlah pulsa sudah sesuai dengan volume yang dibaca oleh sensor.

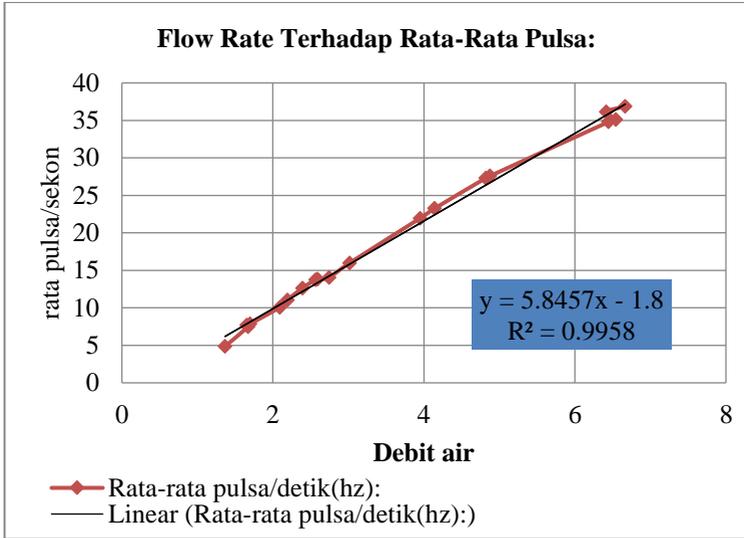
Untuk meningkatkan presisi, dilakukan pengukuran jumlah pulsa (hz) terhadap debit air (L/m). Pengukuran dilakukan dengan melewati air sebanyak 1 dan 2 Liter pada sensor dengan variasi waktu yang dihitung dengan menggunakan *stopwatch*, sehingga didapatkan hubungan rata-rata pulsa per detik terhadap debit air. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh tabel 4.1, gambar 4.7 dan gambar 4.8.

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran pulsa dari sensor aliran air

No	Vol (L)	Total Pulsa	Waktu (s)	Rata-rata Flowrate (L/m)	Rata-rata pulsa/detik(hz)
1	1	214	43.87	1.367677228	4.87804878
2	2	558	72.52	1.672240803	7.497212932
3	1	269	35.88	1.65471594	7.694429123
4	1	278	35.33	1.698273422	7.868666855
5	1	289	28.71	2.089864159	10.06617903
6	2	604	54.74	2.19218122	11.03397881
7	2	635	50.18	2.391390992	12.654444
8	2	643	46.79	2.564650566	13.74225262
9	2	641	46.33	2.590114397	13.83552774
10	1	307	21.85	2.745995423	14.05034325
11	1	318	19.9	3.015075377	15.9798995
12	2	667	30.38	3.949967084	21.95523371
13	2	674	28.98	4.140786749	23.25741891
14	1	340	12.45	4.819277108	27.30923695
15	2	679	24.61	4.876066664	27.5904104
16	2	676	18.7	6.444683136	34.80128894
17	1	324	9.31	6.543075245	35.11450382
18	1	322	9.17	6.417112299	36.14973262
19	1	332	9	6.666666667	36.88888889



**Gambar 4.7** Grafik hubungan volume terhadap pulsa



**Gambar 4.8** Grafik hasil pengukuran debit air terhadap pulsa

Berdasarkan gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa fungsi dari grafik hasil pengukuran adalah  $y = 5.847x - 1.8$  sehingga dengan fungsi tersebut dapat diketahui beberapa variabel yang akan digunakan untuk perhitungan debit air dalam program pada Arduino (pada persamaan 4.1). Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}
 y &= 5,8457x - 1,8 \\
 x &= \frac{y + 1,8}{5,8457} \\
 Q &= \frac{P + 1,8}{C} \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

C = 5,8457 (faktor kalibrasi)

Q = Debit air (L/m)

P = Pulsa (hz)

Dengan rumus diatas dapat diketahui bahwa faktor kalibrasi adalah 5,847. Faktor kalibrasi ini akan dimasukkan pada mikrokontroler. Cara kerjanya adalah dengan menghitung pulsa yang terbaca dengan menggunakan penghitung waktu *millis()* yang digunakan untuk mengetahui lama aktifitas sensor setiap detiknya. Dengan begitu dapat diketahui besar debit air pada sensor. Selanjutnya untuk mengetahui volume air yang melewati sensor dapat dihitung dengan mengalikan

```
if((millis() - oldTime) > 1000) // Only process counters once per second
{
  detachInterrupt(sensorInterrupt);
  flowRate = (((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount)+1.8) / calibrationFactor;
  oldTime = millis();
  flowMilliLitres = (flowRate / 60) * 1000;
  totalMilliLitres += flowMilliLitres;
  totalLitres = totalMilliLitres /1000;
```

debit air dan lama aktifitas sensor untuk menghasilkan besaran milliliter.

Besaran hasil pengukuran dari sensor akan dikirimkan kepada webserver yang bertugas mengumpulkan data melalui Xbee. Komunikasi antara Xbee dengan arduino merupakan komunikasi serial. Untuk mengirimkan program melalui xbee digunakan ‘serial.print’ yang pada sistem ini akan mengirim data setiap 30 detik. Data yang dikirim memiliki format yang digunakan oleh webserver untuk mengidentifikasi node pengirim. Format pengiriman data dari node sensor adalah : “NodeX | flowrate | volume|x ”. Bagian pertama data adalah pengenalan nomor node yang akan dibedakan oleh webserver. Sedangkan bagian terakhir digunakan untuk pembatas data.

```
// mengirim data serial melalui xbee dengan format
Serial.print("Node2|");
Serial.print(int(flowRate));
Serial.print("|");
Serial.print(totalMilliLitres);
Serial.println("|x");
```

Untuk menghemat daya yang digunakan, arduino diatur untuk masuk ke mode *sleep* apabila tidak terbaca aktifitas dari sensor. Untuk membangunkan arduino, sensor aliran air dipasang sebagai interrupt, sehingga setiap ada aktifitas yang terbaca oleh sensor, arduino akan bangun untuk memproses data, kemudian kembali ke posisi *sleep* apabila tidak ada aktifitas pada sensor. Upaya lain untuk menghemat daya yang digunakan adalah dengan menonaktifkan pin-pin yang tidak diperlukan pada arduino.

```
/void sleepNow()  
[  
    digitalWrite(backlight,LOW);  
    set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);  
    sleep_enable();  
    attachInterrupt (sensorInterrupt, pulseCounter, FALLING);  
    sleep_mode();           //Program will continue from here  
    sleep_disable();       //disable sleep so the program wou  
    detachInterrupt(sensorInterrupt); //turn off sensor interr
```

#### 4.1.5 Penghematan Daya Node Sensor

Perangkat Node sensor yang sudah direalisasikan menggunakan baterai 9V sebagai sumber daya yang digunakan dengan maksud agar penggunaan perangkat dapat digunakan oleh masyarakat umum. Node sensor membutuhkan daya untuk menghidupi Arduino beserta *Transceiver Xbee* yang membutuhkan daya 45-50 mA. Selain itu terdapat pula sensor aliran air yang bekerja pada arus maksimal 15mA.

Penggunaan baterai 9V pada sistem ini memiliki kendala pada durasi ketahanan baterai. Banyaknya bagian di dalam node sensor menjadikan perangkat ini membutuhkan daya besar. Oleh karena itu, terdapat beberapa tahap penghematan daya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir konsumsi daya. Tahap pertama adalah mengatur agar semua *input/output* dari mikrokontroler menjadi *normaly low*.

```

//Power save 1 : All digital IO LOW
for (int i = 0; i < 20; i++){
    if(i != 2);
    pinMode(sensorPin,INPUT);
    digitalWrite(sensorPin, HIGH);
}

```

Tahap kedua penghematan daya adalah dengan menon-aktifkan *analog-digital converter* (ADC). Pada sistem ini tidak dibutuhkan kerja ADC sehingga penghematan ini mungkin dilakukan. Tahap ketiga adalah dengan mengaktifkan *Sleep mode* ke mode *power down mode*. *Sleep mode* sendiri memiliki beberapa tingkat penghematan daya. *Power down mode* merupakan mode dengan penggunaan daya terkecil.

```

//Power save 2: Disable ADC
ADCSRA |= (1<< 7);
ADCSRA &= ~(1<< 7);

//Power save 3: Enable Sleep Mode
SMCR |= (1<<2); //power down mode
SMCR |=1; //enable sleep mode

```

Tahap keempat adalah menon-aktifkan *Brown-out detection mode* (BOD), yaitu adalah program pengaman yang terdapat pada Arduino yang berfungsi merestart sistem apabila terjadi penurunan tegangan.

```

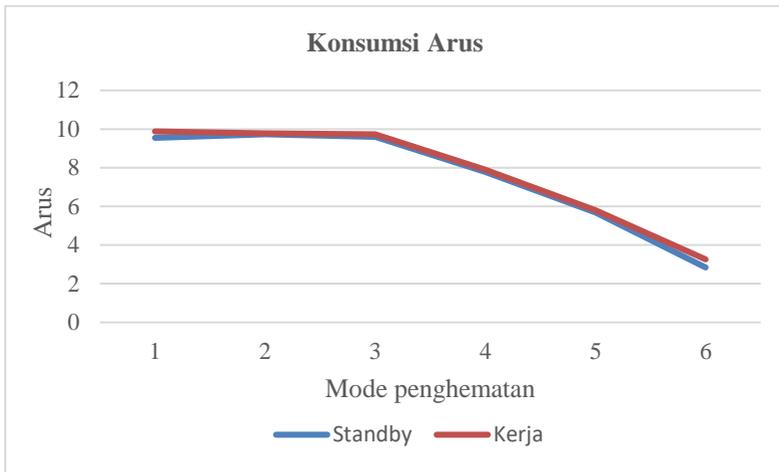
// Power save 4: BOD DISABLE
MCUCR |= (3 << 5); //set both BODS and BODSE at the same time
MCUCR = (MCUCR & ~(1<<5)) | (1<<6); //then set BODS bit and cl

```

Berdasarkan keempat tahap penghematan daya tersebut, dilakukan pengukuran konsumsi arus dengan meletakkan avometer pada sumber baterai 9V. Tabel 4.2 dan gambar 4.9 menunjukkan hasil pengukuran arus dari node sensor.

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran konsumsi arus.

No	Keadaan Node Sensor	Konsumsi arus(mA)	
		Standby	Kerja
1	Tidak ada penghematan daya	9.55	9.88
2	All Digital I/O LOW	9.73	9.78
3	Disable ADC	9.59	9.73
4	Enable Sleep Mode	7.78	7.9
5	Disable BOD	5.68	5.8
6	Sleep Mode	2.84	3.26



**Gambar 4.9** Grafik pengukuran arus setelah dilakukan penghematan

## 4.2 Komunikasi Jaringan

### 4.2.1 Pengaturan Parameter Jaringan

Untuk dapat berkomunikasi antar node dan membentuk sebuah jaringan, setiap modul xbee haruslah beroperasi dengan parameter yang

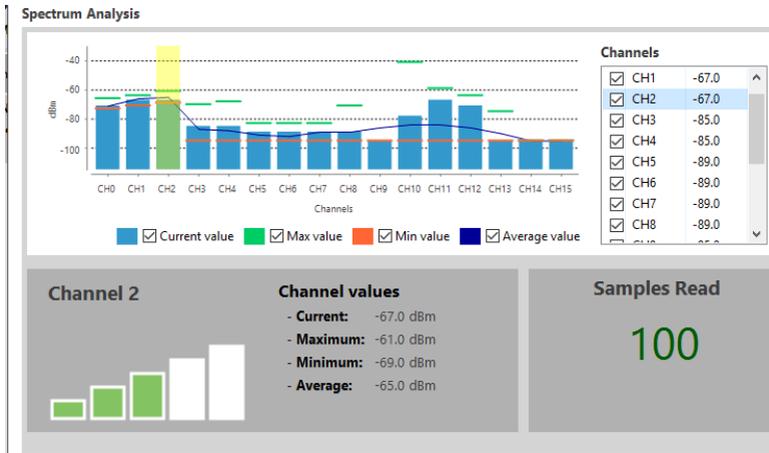
sama. Setiap modul yang beroperasi dalam jaringan harus diatur agar dapat berkomunikasi dengan baudrate = 9600, data bit = 8, tanpa parity dan dengan *time out* = 1. *Time out* merupakan lama batas waktu untuk menunggu sebuah data. Apabila *time out* diatur menjadi 0, maka loop program tidak akan jalan hingga ada data masuk dari xbee. Gambar 4.10 menunjukkan pengaturan parameter Xbee.

i	BD Baud Rate	9600 [3]	▼
i	NB Parity	No Parity [0]	▼
i	RO Packetization Timeout	3	* character times
i	FT Flow Control Threshold	BE	Bytes
i	AP API Enable	Transparent Mode [0]	▼
i	AO API Options	API Rx Indicator-0x90 [0]	▼

**Gambar 4.10** Pengaturan parameter komunikasi pada XCTU

Jaringan dapat terbentuk apabila node-node yang digunakan beroperasi pada Operating Channel dan Network ID yang sama. Untuk mengatur parameter tersebut dapat digunakan software XCTU dari Digi Internasional. Operating Channel dan Network ID menentukan kanal mana yang digunakan untuk melakukan komunikasi. Pada Xbee tersedia 15 kanal yang dapat digunakan untuk komunikasi. Setiap kanal tentunya memiliki gangguan yang berbeda-beda. Setiap tempat juga memiliki pengaruh yang berbeda pula terhadap kualitas komunikasi sebuah kanal. Hal-hal yang dapat mengganggu komunikasi sebuah kanal antara lain adalah penggunaan frekuensi yang sama oleh alat elektronik (radio, handphone, modem).

Untuk mengetahui kanal yang terbaik untuk komunikasi dapat digunakan *Spectrum Analyzer* yang sudah tersedia pada XCTU. Dengan perangkat tes *spectrum analyzer* dapat diketahui besar noise pada suatu kanal. Parameter yang diuji pada tes ini adalah 100 data yang dikirimkan. Dari 100 data tersebut akan dihitung rata-rata noise yang terdapat dalam sebuah kanal.



**Gambar 4.11** Hasil tes *spectrum analyzer*.

Dari gambar 4.11 diketahui bahwa channel 2 memiliki rata-rata noise paling rendah dengan rata-rata kuat sinyal  $-65.0$  dBm, kuat sinyal terbaik  $-61.0$  dBm dan terburuk  $-69.0$  dBm. Dengan begitu, channel 2 merupakan kanal yang paling baik untuk melakukan komunikasi jaringan. Apabila dikonversi menurut tabel konversi kanal xbee, maka channel 2 terletak pada 0x0D. Pada tugas akhir ini digunakan Operation Channel = D dan Network ID = 10, ditunjukkan oleh gambar 4.12

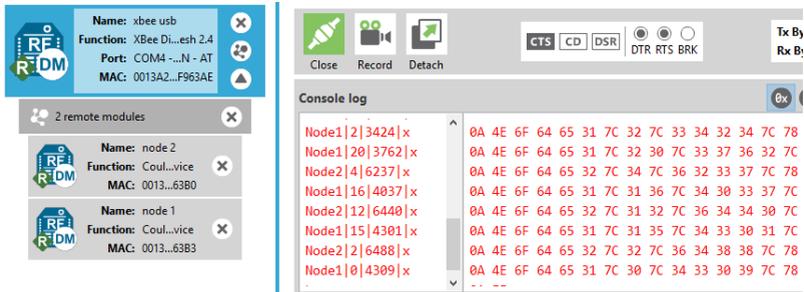
<b>i</b> CH Operating Channel	D
<b>i</b> ID Network ID	10

**Gambar 4.12** Pengaturan kanal operasi jaringan.

#### 4.2.2 Proses Pengiriman Data

Data yang dikirim oleh arduino merupakan data hasil penghitungan yang dilakukan oleh arduino. Data yang dikirim oleh arduino berbentuk data *string*. Untuk mengetahui bentuk data yang dikirim dapat digunakan software XCTU untuk menerjemahkan data

yang dikirim oleh node sensor pada webserver. Xbee webserver akan dihubungkan pada computer untuk melakukan pengujian ini. Node sensor akan mengirimkan data berupa *flow rate* dan volume kepada webserver yang akan ditampilkan pada XCTU seperti pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Pengujian pengiriman data dari Node sensor.

Pada konsol log sebelah kiri merupakan data *string* yang merupakan terjemahan dari bahasa hexadecimal, sedangkan pada sebelah kanan merupakan bahasa hexadecimal yang diterima oleh modul Xbee. Pada gambar diatas dapat dilihat format dari data yang dikirim oleh node sensor menggunakan “|” sebagai pembatas. Dengan pembatas tersebut dapat dipisahkan variable-variabel data dari paket datanya. Ditunjukkan oleh gambar 4.14

Identifikator	Flow Rate	Volume	Pembatas data
Node(1,2)	Liter/m	Liter	x

**Gambar 4.14** Format pengiriman data dari node sensor

### 4.2.3 Uji Coba Jangkauan Xbee

Uji coba jangkauan xbee dilakukan untuk mengetahui jangkauan maksimal dari sebuah Xbee. Jangkauan sebuah xbee dapat dioptimalkan dengan pengaturan kanal yang tepat seperti yang ditunjukkan pada *spectrum analyzer*. Dengan uji coba spektrum dapat diketahui kanal yang memiliki noise paling rendah sehingga kualitas

transmisi sinyal lebih baik. Ujicoba jangkauan xbee dilakukan tanpa menggunakan rangkaian lain, hanya xbee saja. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya pancar dari sebuah modul Xbee. Uji coba dilakukan pada 15 titik dengan jarak yang berbeda pada ruang terbuka (outdoor). Hasil dari pengujian terdapat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil pengukuran jangkauan modul Xbee.

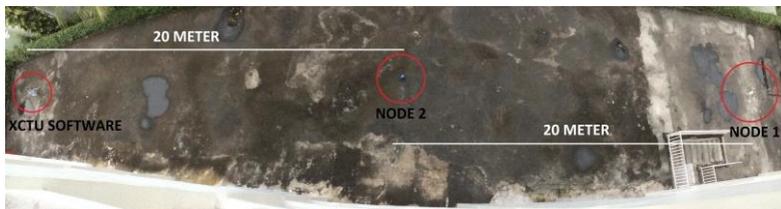
Jarak (m)	Sinyal		TX Error	Packets Lost	Packets Received
	Local (dBm)	Remote (dBm)			
0 m	-27	-28	1	0	99
2 m	-31	-34	1	0	99
4 m	-35	-36	1	0	99
6 m	-36	-38	1	0	99
8 m	-38	-40	1	0	99
10 m	-38	-40	1	0	99
12 m	-46	-50	1	0	99
14 m	-48	-49	1	0	99
16 m	-48	-50	1	0	99
18 m	-53	-56	1	0	99
20 m	-57	-59	7	0	93
22 m	-51	-53	1	0	99
24 m	-51	-53	1	0	99
26 m	-55	-56	1	0	99
28 m	-61	-63	28	5	67
30 m	-56	-61	21	3	76
32 m	-59	-61	5	1	94
34 m	-59	-61	3	0	97
36 m	Tidak terbaca	Tidak terbaca	100	0	0

Berdasarkan data diatas diketahui pada awal pengujian dengan jarak 0 meter sinyal RSSI local sebesar -27 dBm dan RSSI remote sebesar -28 dBm dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 99%. Sedangkan pada akhir pengukuran dengan jarak 34 meter, diketahui sinyal RSSI local sebesar -59 dBm dan sinyal RSSI remote sebesar -61 dBm dengan tingkat keberhasilan pengiriman data 97%.

Dari hasil pengukuran, diketahui jangkauan xbee S1 mencapai 34 meter dari jangkauan idealnya yaitu 30 meter. Namun berdasarkan tabel dapat diketahui pada jarak 28 meter xbee sudah mengalami penurunan performa. Presentase paket yang sukses terkirim hanya 67% begitu juga pada jarak 30m yaitu 76%.

### 4.3 Uji Coba Komunikasi WSN

Uji coba komunikasi WSN dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan yang telah dibangun. Parameter yang diukur adalah noise pada transmisi sinyal dan kecepatan transfer data. Berdasarkan uji ukur jangkauan xbee pada tabel 4.3 diketahui jangkauan maksimal dari sebuah xbee S1 adalah 34 meter, namun menimbang tingkat kesuksesan pengiriman data maka dalam pengujian ini setiap node diberi jarak 20 meter. Node 2 diposisikan 20 meter dari perangkat XCTU, Node 1 akan diposisikan 20 meter dari Node 2. Ketiga titik ini diposisikan dalam satu garis lurus (*line of sight*) seperti ditunjukkan oleh gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Penempatan ketiga titik uji coba jaringan

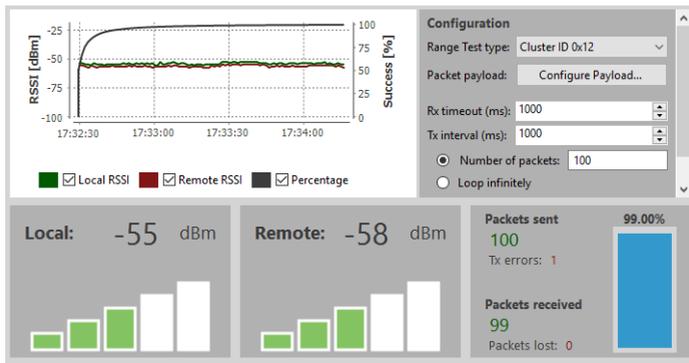
#### 4.3.1 Uji Coba Jangkauan Sistem

Uji coba jangkauan sistem dilakukan untuk mengetahui kuat sinyal dalam proses pengiriman data. Uji coba dilakukan dengan menempatkan ketiga node seperti pada gambar 4.12. XCTU software merupakan pengirim data sedangkan node 1 dan node 2 adalah penerima. Selain itu, Node 2 juga berfungsi sebagai penghubung antara XCTU dengan Node 1 yang berada diluar jangkauan XCTU, yaitu 40 meter. Ini merupakan bagian dari *forwarding* yang tersedia dalam

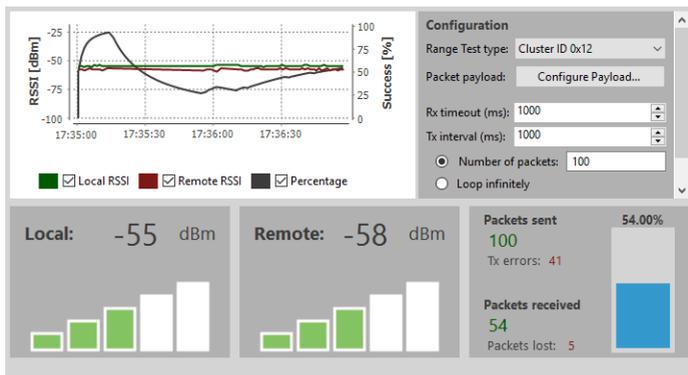
protokol digimesh. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh tabel 4.4 dan gambar 4.16 dan 4.17.

**Tabel 4.4** Hasil pengukuran sinyal dalam jaringan WSN

Pengirim	Penerima	Jarak	Sinyal	
			Local	Remote
XCTU	Node 2	20 meter	-55 dBm	-58 dBm
XCTU	Node 1	40 meter	-55 dBm	-58 dBm



**Gambar 4.16** Hasil uji coba komunikasi node 2



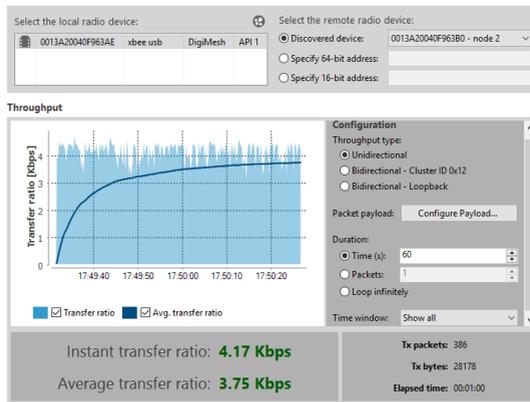
**Gambar 4.17** Hasil uji coba komunikasi node 1

### 4.3.2 Pengukuran Kecepatan Transfer Data

Uji coba dilakukan dengan menggunakan software XCTU. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan transfer data antar node. Uji coba dilakukan dengan mengirimkan data dari XCTU ke node 1 dan node 2 selama 60 detik. Hasil pengukuran pada tabel 4.5, gambar 4.18 dan gambar 4.19

**Tabel 4.5** Kecepatan transfer jaringan WSN

Tujuan	Jarak	Kecepatan transfer instan	Kecepatan transfer rata-rata
Node 2	20 m	4.17 Kbps	3.75 Kbps
Node 1	40 m	3.32 Kbps	3.02 Kbps



**Gambar 4.18** Kecepatan transfer node 2



**Gambar 4.19** Kecepatan transfer node 1

## 4. 4 Analisa Sinyal

Analisa sinyal dilakukkan dengan menghitung kuat sinyal beserta penguatan antenanya dengan menggunakan rumus *budget link*. Selanjutnya, kualitas sinyal dalam transmisi dapat diukur dengan menggunakan *free space path loss* pada titik-titik yang posisinya *line of sight* atau dalam satu garis lurus.

### 4.4.1 Analisa Link Budget

Link Budget adalah nilai yang menghitung semua gain dan loss antara pengirim dan penerima, termasuk atenuasi, penguatan / gain antena, dan loss lainnya yang dapat terjadi. Link Budget dapat berguna untuk menentukan berapa banyak power yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal agar dapat di mengerti oleh penerima sinyal. Link Budget dapat dihitung menggunakan rumus 4.2 berikut:

$$\text{Daya diterima (dBm)} = \text{Daya dikirim (dBm)} + \text{Gains (dB)} - \text{Losses (dB)} \quad (4.2)$$

Perhitungan link budget merupakan perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan level daya diterima lebih besar atau sama dengan level daya *threshold*. Tujuannya adalah untuk menjaga keseimbangan antara gain dan loss guna mencapai SNR yang diinginkan penerima.

Xbee S1 memancarkan daya sebesar 1mW sehingga dalam logaritmik menjadi 0 dBm. Pada sistem yang dirancang, Xbee menggunakan antenna RSPMA dengan penguatan 8 dBi. Di sisi penerima juga menggunakan antenna yang sama sehingga dilemahkan sebesar -8dBi. Kelebihan dari penggunaan antenna dengan gain besar adalah error rate dalam pengiriman data menjadi lebih kecil. Pada sisi penerima, sensitifitas daya xbee adalah -92 dBm, maka didapatkan budget link sebesar 92 dBm.

Daya dikirim	= 0 dBm
Penguatan Antena	= 8 dBi
<u>Loss Antena penerima</u>	<u>= -8dBi +</u>
Daya diterima	= 0 dBm
<u>Sensitifitas daya penerima</u>	<u>= -92 dBm -</u>
Budget Link	= 92 dBm

#### 4.4.2 Analisa Free-space Path Loss

Analisa free pathloss dapat diukur menggunakan rumus 4.3:

$$FSPL \text{ (dB)} = 20 \log (d) + 20 \log (f) + c \quad (4.3)$$

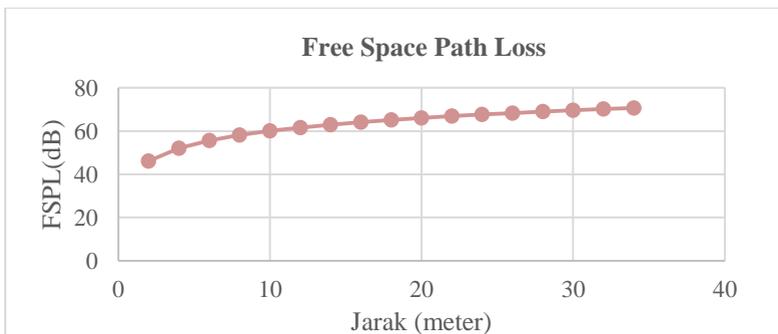
FSPL	= Free space path loss (dB)
d	= Jarak kirim kedua node (km)
f	= Frekuensi transmisi data (GHz)
c	= Constanta (92,45)

Jarak kedua titik pada pengukuran jangkauan jaringan sebelumnya adalah dalam meter sehingga harus dikonversi ke dalam km dengan dibagi 1000. Frekuensi kerja Xbee S1 adalah 2,4 Ghz. Konstanta

bernilai 92,45 untuk penghitungan dengan satuan frekuensi Ghz dan jarak kilometer. Hasil perhitungan ditunjukkan oleh tabel 4.6 dan gambar 4.20

**Tabel 4.6** Hasil perhitungan FSPL pada Xbee.

No	d(m)	d(km)	20 log d	20 log 2.4	C	FSPL(dB)
1	2	0.002	-53.97940009	7.604224834	92.45	46.07482475
2	4	0.004	-47.95880017	7.604224834	92.45	52.09542466
3	6	0.006	-44.43697499	7.604224834	92.45	55.61724984
4	8	0.008	-41.93820026	7.604224834	92.45	58.11602457
5	10	0.01	-40	7.604224834	92.45	60.05422483
6	12	0.012	-38.41637508	7.604224834	92.45	61.63784976
7	14	0.014	-37.07743929	7.604224834	92.45	62.97678555
8	16	0.016	-35.91760035	7.604224834	92.45	64.13662449
9	18	0.018	-34.8945499	7.604224834	92.45	65.15967494
10	20	0.02	-33.97940009	7.604224834	92.45	66.07482475
11	22	0.022	-33.15154638	7.604224834	92.45	66.90267845
12	24	0.024	-32.39577517	7.604224834	92.45	67.65844967
13	26	0.026	-31.70053304	7.604224834	92.45	68.35369179
14	28	0.028	-31.05683937	7.604224834	92.45	68.99738546
15	30	0.03	-30.45757491	7.604224834	92.45	69.59664993
16	32	0.032	-29.89700043	7.604224834	92.45	70.1572244
17	34	0.034	-29.37042166	7.604224834	92.45	70.68380318



**Gambar 4.20** Grafik pengukuran FSPL

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan hasil pengukuran free space path loss sudah mendekati perhitungan secara teori.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Hubungan antara *water flow* sensor dan jumlah pulsa adalah linier sehingga didapatkan rumus perhitungan debit air. Jaringan terbukti terhubung dalam jaringan mesh network dimana setiap node bersifat homogen sehingga dapat melakukan *data-hopping*. Data yang diterima oleh webserver raspberry ditampilkan dalam *Graphical User Interface* kemudian dikirim kepada server thingspeak. Pengujian dilakukan dengan mengukur jangkauan Xbee, dimana diketahui bahwa jangkauan maksimal adalah 34 meter dengan kuat sinyal local -59 dBm dan sinyal remote -61 dBm. Telah dilakukan pengukuran terhadap kualitas jangkauan WSN. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa node 2 dengan jarak 20 meter memiliki kuat sinyal local -55 dBm dan remote -58 dBm dengan tingkat kesuksesan pengiriman 99%. Node 1 dengan jarak 40 meter dari sumber sinyal memiliki kuat sinyal local -55 dBm dan remote -58 dBm namun dengan tingkat kesuksesan paket terkirim sebesar 54%.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data dari sensor dapat terkirim dengan baik dan dapat diakses secara online.

#### 5.2 Saran

Perancangan perangkat dengan mikrokontroler arduino uno adalah sebuah pemborosan daya karena banyak fungsi dari arduino yang tidak digunakan tetapi mengkonsumsi daya (clock, ADC, dll). Dengan konsumsi daya yang digunakan saat ini, baterai hanya bertahan beberapa jam. Oleh karena itu perangkat dapat dirancang dengan menggunakan Atmega16 atau mikroprosesor lainnya yang memiliki konsumsi daya yang lebih rendah. Perangkat node yang telah dirancang memiliki jangkauan maksimal 34 meter dan kesuksesan pengiriman data 54% pada jarak 40 meter. Oleh karena itu, perangkat dapat dirancang menggunakan Xbee-Pro yang memiliki jangkauan maksimal 90 meter.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laporan kondisi muka air waduk 31 desember 2014  
[http://sda.pu.go.id/produk/newsmain\\_list.php?qs=Evaluasi%20Kondisi%20SDA](http://sda.pu.go.id/produk/newsmain_list.php?qs=Evaluasi%20Kondisi%20SDA)  
diakses pada 1 november 2016 pukul 14.20 WIB
- [2] Rasoul Garmabdari, Suhaidi Shafie and Maryam Mohd Isa.2012  
*Sensory System for the Electronic Water Meter.*
- [3] UU pemerintah nomor 7 tahun 2004 tentang sumber daya air.
- [4] Shafie, S. , & Kawahito,S. (2008). *A Wide Dynamic Range CMOS Image Sensor with Dual Charge Storage in a Pixel and a Multiple sampling technique, SPIE-IS&T/Vol. 6816, pp1-9.*
- [5] Witsarut Sriratana and Riichi Murayama.2013.*Application of Hall Effect Sensors: A Study on the Influences of Sensor Placement.*
- [6] Arduino. 2016. *Arduino Board UNO*  
diakses di <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>  
pada 26/10/16 pukul 15.14 WIB
- [7] International, Digi. 2016.*Xbee Family Features Comparison.*  
Diakses di <[digi.com](http://digi.com)> pada 19/10/2016 pukul 20.40 WIB
- [8] International, Digi. 2016. *Xbee S1 802.15.4 RF Modules.*  
Diakses di  
[https://www.digi.com/pdf/ds\\_xbeemultipointmodules.pdf](https://www.digi.com/pdf/ds_xbeemultipointmodules.pdf) pada  
20/10/2016 pukul 12.40 WIB
- [9] International, Digi. 2015. *Wireless mesh networking Zigbee vs. Digimesh*  
Diakses di [https://www.digi.com/pdf/wp\\_zigbeevsdigimesh.pdf](https://www.digi.com/pdf/wp_zigbeevsdigimesh.pdf)  
pada 25/10/2016 pukul 10.31 WIB
- [10] International, Digi. 2016. *Xbee/Xbee-PRO DigiMesh 2.4 Radio Frequency (RF) Module*  
diakses di  
<http://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000991.pdf> pada 25/10/2016 pukul 10.46 WIB
- [11] Libellium. 2012. *Wasmote Digimesh Networking Guide. Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L*  
diakses di  
[http://www.libelium.com/downloads/documentation/wasmote-digimesh-networking\\_guide.pdf](http://www.libelium.com/downloads/documentation/wasmote-digimesh-networking_guide.pdf) pada 25/10/16 pukul 16.00 WIB
- [12] <https://www.hindawi.com/journals/ijdsn/2012/358238/fig8/>

- [13] I.F Akyildiz , W. Su , Y.Sannarasuramaniam , E.Cayirci (2002).  
*Wireless Sensor Networks: a Survey.*
- [14] IEEE.2012.*Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification*
- [15] <http://www.ni.com/white-paper/7142/en/>  
diakses pada 18/10/16 pukul 16.29 WIB
- [16] Dwima anggarini, Indrarini Dyah Irawati, Ratna Mayasari.(2013).  
*Analisis dan Simulasi Wireless Sensor Network (WSN) untuk Komunikasi Data Menggunakan Protokol Zigbee*
- [17] Raspberry pi . 2015. *Raspberry Pi 2 Model B*  
diakses di <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/> pukul 17.21 WIB

## **BIODATA PENULIS**



Nugra Arsysisitawa lahir di Jakarta, 21 September 1994. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Syafruddin Rachman dan Trinil Tresno. Penulis memulai pendidikannya di TK Tiara Medita pada tahun 1998. Penulis melanjutkan pendidikannya di SD 19 Tebet Timur pada tahun 2000 dan lulus pada tahun 2006. Penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di SMP 115 Jakarta dan lulus pada tahun 2009. Penulis sempat melanjutkan pendidikannya di SMA 68 JAKARTA kemudian pindah ke SMA 8 JAKARTA pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2012. Selama masa SMA penulis ikut aktif dalam kegiatan ekstra kulikuler sepakbola. Penulis kemudian melanjutkan pendidikannya di jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya. Penulis kemudian memilih prodi elektronika industri sebagai bidang studi yang dipelajari. Selama masa kuliah penulis aktif sebagai anggota pecinta alam Divisi Kalpataru Elektro ITS angkatan K-29 dan sempat menjabat sebagai Ketua divisi periode 2014-2015.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*