TUGAS AKHIR – EC 184801

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SENSOR NODE UNTUK PERHITUNGAN KONSUMSI AIR BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK*

CHIKO BIRENDRA CHANDRANEGARA
NRP. 0721 14 40000 012

Dosen Pembimbing:
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(halaman ini sengaja dikosongkan)

TUGAS AKHIR – EC 184801

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SENSOR NODE UNTUK PERHITUNGAN KONSUMSI AIR BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK*

CHIKO BIRENDRA CHANDRANEGARA
NRP. 0721 14 40000 012

Dosen Pembimbing:
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(halaman ini sengaja dikosongkan)

FINAL PROJECT – EC 184801

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SENSOR NODE FOR THE CALCULATION OF WATER CONSUMPTION BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK

CHIKO BIRENDRA CHANDRANEGARA
NRP. 0721 14 40000 012

Advisor:
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Desain dan Implementasi Sensor Node untuk Perhitungan Konsumsi Air Berbasis *Wireless Sensor Network*"** adalah benar-benar hasil intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang 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, 2020

Chiko Birendra Chandranegara
NRP. 07211440000012

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

Desain dan Implementasi Sensor Node Untuk Perhitungan Konsumsi Air Berbasis Wireles Sensor Network

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh: Chiko Birendra Chandranegara (NRP: 07211440000012)

Tanggal Ujian: 6 Juli 2020 Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Arief Kurniawan, S.T., M.T. (Pembimbing I)
NIP. 197409072002121001

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 196806011995121009

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., MT. (Penguji I)
NIP. 196907301995121001

Ahmad Zaini, S.T., M.Sc. (Penguji II)
NIP. 197504192002121003

Dr. Supeno Mardi Susiki N., S.T.,M.T. (Penguji III)
NIP. 197003131995121001

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.
NIP. 19700313 199512 1 001

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SENSOR NODE UNTUK PERHITUNGAN KONSUMSI AIR BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK*

Nama Mahasiswa	: Chiko Birendra Chandranegara
NRP	: 0721 14 4000 00 12
Departemen	: Teknik Komputer FTEIC-ITS
Dosen Pembimbing	: 1. Arief Kurniawan, ST., MT.
	2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

ABSTRAK

Teknologi merupakan salah satu wujud efisiensi yang dihasilkan manusia guna mempermudah pekerjaannya. Terlebih pada era modern ini, semakin banyak teknologi yang berkembang khususnya pada dunia digitalisasi di Indonesia. Efisiensi tersebut memiliki pengaruh terhadap biaya operasi yang berdampak langsung pada profit pengguna. Salah satu pemanfaatan teknologi *Wireless Sensor Networking* (WSN) yang terhubung dengan *webserver* berupa suatu sistem monitoring penggunaan air (meteran air) berbasis digital. Sistem monitoring ini dapat diakses secara online sehingga efisiensi waktu, biaya, serta tenaga operasional dapat dirasakan oleh pengguna. Dalam penelitian ini, akan dirancang jenis perangkat meteran air baru yang memanfaatkan teknologi nirkabel untuk pengiriman sinyal yang terbaca oleh sensor aliran air. Melalui teknologi ini, sinyal akan dibaca dan diproses oleh sensor untuk ditampilkan pada LCD monitoring. Perangkat tersebut akan terhubung dalam sebuah Jaringan *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan modul Xbee bertopologi star, dimana pengiriman data dari tiap *node* akan langsung diproses menuju *webserver*. Selain itu, perangkat juga dilengkapi oleh *valve* yang berfungsi untuk membuka maupun menutup aliran air secara otomatis. Dengan adanya alat ini, diharapkan penggunaan air dapat dipantau secara lebih mudah dan memberi efisiensi terhadap penggunannya.

Kata Kunci: Sensor *Node*, Meteran Air, *Wireless Sensor Network*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SENSOR NODE FOR THE CALCULATION OF WATER CONSUMPTION BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK

Student Name	*: Chiko Birendra Chandranegara*
NRP	*: 0721 14 4000 00 12*
Department	*: Teknik Komputer FTEIC-ITS*
Advisor I	*: Arief Kurniawan, ST., MT.*
Advisor II	*: Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.*

ABSTRACT

Technology is one of the efficiency form created by modern mankind in order to ease their job. Particularly in this modern era of Indonesia, more and more technologies are developed especially in digitalization field. The efficiency has a positive impact on the cost of operating which leads to direct effect on user's profit. One of the example of the Wireless Sensor Networking (WSN) usage which connects to webserver is a digital-based water consumption monitoring system (water meter). This monitoring system is accessible online so that the time, cost, and operational power (manpower) efficiency can be perceived by the user. Through this research, a new water meter device will be designed using the wireless technology to send a signal that will be read by the waterflow sensors. With this new technology, the signal will be read and processed by sensors to be shown in the LCD monitoring. The device will be connected by a Wireless Sensor Network using XBee module with star topology, where the data transmittal from each nodes are processed directly to the webserver. In addition, the device will also be equipped by a valve which serves to opening and closing the water flow automatically. With the presence of this device, it is expected that the water consumption can be monitored easily, recorded more precise, and give more efficiency to users.

Kata Kunci: Sensor Node, Water Flow, Wireless Sensor Network

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir dengan tepat.

Laporan berjudul **Desain dan Implementasi Sensor Node untuk Perhitungan Konsumsi Air Berbasis *Wireless Sensor Network*** ini disusun dalam rangka memenuhi syarat untuk memenuhi mata kuliah EC184801: Tugas Akhir Departemen Teknik Komputer, serta guna meraih gelar Sarjana Teknik (S-1) Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penyusunan laporan ini dapat terselesaikan dengan bantuan dari semua pihak yang turut mendukung, membantu, dan membimbing keberlangsungan penyusunan perencanaan Tugas Akhir dan penulisan laporan ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada;

1. Tuhan Yesus Kristus atas limpahan berkat dan rahmat-Nya yang telah diberikan kepada penulis.
2. Bapak Rendra Purdiansa dan Ibu Artalina Sitepu serta adik-adik penulis Chika Berlianta dan Chika Berlianti yang telah memberi dukungan penuh dalam segala aspek kehidupan penulis.
3. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Komputer FTEIC – ITS.
4. Bapak Arief Kurniawan, ST., MT. dan Bapak Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu serta kesabaran dalam membimbing penulis guna menyelesaikan serangkaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Eko Pramunanto, ST., MT. selaku dosen wali penulis yang telah membantu mengarahkan perjalanan akademik penulis selama masa perkuliahan.
6. Tim penguji Tugas Akhir yang telah memberikan arahan serta masukan untuk kebaikan penulis.
7. Seluruh Dosen serta Staff Departemen Teknik Komputer yang telah memberikan ilmu serta bantuan yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.

8. Keluarga besar angkatan E-54 yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun doa.
9. Keluarga besar Divisi Kalpataru khususnya K-31 yang telah memotivasi penulis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
10. Para penghuni DPR (Dibawah Pohon Rindang) yang telah menemani segala aktivitas penulis selama masa perkuliahan.
11. Para penghuni Kantin Elektro yang telah menjadi rekan penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini baik dalam jam aktif kampus maupun jam aktif kantin.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan serangkaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini, oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya 2020,

Chiko Birendra Chandranegara

NRP. 07211440000012

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ..... **vii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ix**
ABSTRAK ..... **xi**
ABSTRACT ..... **xiii**
KATA PENGANTAR ..... **xv**
DAFTAR ISI ..... **xvii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xxi**
DAFTAR TABEL ..... **xxii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang **1**
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah **2**
1.3. Tujuan Penelitian **3**
1.4. Metodologi Penelitian **3**
1.5. Manfaat Penelitian **5**
1.6. Sistematika Penulisan **5**
BAB II KAJIAN PUSTAKA **7**
2.1. Air di Indonesia **7**
2.2. Meteran Air **8**
2.2.1. Peranan Meteran Air 10
2.2.2. Kapasitas Meteran Air 10
2.2.3. Komponen Dasar Meteran Air 10
2.2.4. Meteran Air Konvensional 11
2.2.5. Meteran Air Digital 12

2.3. Sensor *Waterflow* FS300A 14
2.4. *Solenoid Valve* 17
2.4.1. Cara Kerja *Solenoid Valve* 18
2.4.2. Bagian-bagian pada *Solenoid Valve* 19
2.5. Mikrokontroller Arduino Uno 20
2.5.1. Spesifikasi Arduino Uno..... 21
2.5.2. Perangkat Lunak Arduino IDE 24
2.6. *Transciever* Xbee 25
2.6.1. Variasi Xbee..... 27
2.6.2. Spesifikasi Modul Xbee..... 29
2.6.3. Parameter Jaringan Xbee 30
2.6.4. Konfigurasi Modul Xbee 31
2.6.5. Konfigurasi Pin Xbee 32
2.7. *Wireless Sensor Network (WSN)* 34
2.7.1. Komunikasi *Wireless Sensor Network* 37
2.7.2. Contoh Komunikasi *Wireless Sensor Network* 42
2.8. *Raspberry Pi* 47
2.8.1. Raspberry Pi 3 Model B 47
BAB III PERANCANGAN SISTEM 51
3.1. Pendahuluan 51
3.2. Cara Kerja Sistem 52
3.3. Komunikasi Sistem 53
3.4. Cara Kerja Node 53
3.4. Cara Kerja *Webserver* 56

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS 61
4.1. Hasil Perancangan 61
4.1.1. Perangkat Keras Node Sensor 61
4.1.2. Perangkat Lunak Node Sensor 62
4.1.3. Perangkat Keras *Webserver*.....67
4.1.4. Perangkat Lunak *Webserver*.....67
4.1.5 Otomatisasi *Sensor Valve*.....68
4.2 Komunikasi Jaringan.....69
4.2.1 Pengaturan Parameter Jaringan 69
4.2.2 Proses Pengiriman Data 71
4.2.3 Uji Coba Jangkauan Xbee.....72
4.3 Uji Coba Komunikasi WSN.....74
4.3.1 Uji CobaJangkauan Sistem.....74
4.3.2 Pengukuran Kecepatan Transfer Data 75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 77
5.1. Kesimpulan 77
5.2. Saran.....77
DAFTAR PUSTAKA.....79
BIOGRAFI PENULIS 83
LAMPIRAN

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis meteran air konvensional yang digunakan PDAM.9
Gambar 2.2 Susunan dasar meteran air 10
Gambar 2.3 Bagian display meteran air 11
Gambar 2.4 Cara membaca meteran air konvensional.....12
Gambar 2.5 Contoh *Fluidic Osilasi Meter* (*smartmeter*) 13
Gambar 2.6 Prinsip kerja sensor *waterflow*.....15
Gambar 2.7 Sensor waterflow FS300A yang telah dilengkapi sensor *Hall Effect*.....16
Gambar 2.8 Bentuk fisik *solenoid valve*.....18
Gambar 2.9 Cara kerja *solenoid valve*.....18
Gambar 2.10 Ilustrasi bagian-bagian pada *solenoid valve* 19
Gambar 2.11 Blok diagram mikrokontroler 21
Gambar 2.12 Spesifikasi Arduino Uno.....24
Gambar 2.13 Tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE.....25
Gambar 2.14 Jenis-jenis antena pada Xbee 27
Gambar 2.15 Variasi *XBee through hole* dan *XBee surface mount* 28
Gambar 2.16 Tampilan *modem configuration* pada *software* X-CTU 32
Gambar 2.17 Konfigurasi pin modul komunikasi Xbee.....33
Gambar 2.18 Ilustrasi Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) 35
Gambar 2.19 Topologi yang umum digunakan dalam jaringan nirkabel..... 40
Gambar 2.20 Ilustrasi teknologi WSN sebagai *health monitoring* 42
Gambar 2.21 Ilustrasi teknologi WSN sebagai pemantauan gunung berapi..... 44
Gambar 2.22 Ilustrasi teknologi WSN sebagai monitoring keadaan pertanian..... 44
Gambar 2.23 Ilustrasi jaringan sensor nirkabel dalam *pipeline*.....45
Gambar 2.24 Ilustrasi penggunaan WSN sebagai pengendali suhu gedung bertingkat pada *smart city*.....46

Gambar 2.25 *Front Side* (kiri) dan *back side* (kanan) *Raspberry Pi* 3

model B..... 48
Gambar 3.1 Ilustrasi blok sistem secara keseluruhan 52
Gambar 3.2 Ilustrasi penerapan jaringan *wireless sensor network* dalam sistem..... 53
Gambar 3.3 Diagram *flowchart* pada node 54
Gambar 3.4 Ilustrasi rancangan node sensor..... 56
Gambar 3.5 Halaman *dashboard*..... 57
Gambar 3.6 Halaman *flowmeter data table* 58
Gambar 3.7 Halaman lihat pelanggan..... 59
Gambar 3.8 Halaman customer information #1 59
Gambar 3.9 Halaman customer information #2 60
Gambar 3.10 Halaman customer information #3 60
Gambar 4.1 Realisasi perangkat keras node sensor..... 61
Gambar 4.2 Detail komponen perangkat keras node sensor 62
Gambar 4.3 Grafik hubungan volume terhadap pulsa 64
Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran debit air terhada pulsa..... 64
Gambar 4.5 Tampilan GUI pada webserver..... 68
Gambar 4.6 Pengaturan parameter Xbee pada XCTU..... 70
Gambar 4.7 Hasil tes *spectrum analazyer*..... 71
Gambar 4.8 *Console Monitor* XCTU..... 72
Gambar 4.9 Hasil uji coba komunikasi node 1..... 75
Gambar 4.10 Hasil uji coba komunikasi node 2..... 75
Gambar 4.11 Kecepatan transfer node 1..... 76
Gambar 4.12 Kecepatan transfer node 2..... 76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan dan ketersediaan air menurut pulau di Indonesia..... 8
Tabel 2.2 Spesifikasi *Flowsensor* pada umumnya.....14
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno.....22
Tabel 2.4 Perbedaan XBee S2 dan XBee Pro S2.....26
Tabel 2.5 Penjelasan jenis-jenis antenna pada Xbee.....27
Tabel 2.6 Spesifikasi Jangkauan *XBee line of sight*.....29
Tabel 2.7 Spesifikasi dasar modul Xbee. 29
Tabel 2.8 Penjelasan jenis-jenis antenna pada Xbee.....30
Tabel 2.9 Penjelasan *pinout* Xbee.....33
Tabel 2.10 Perbandingan teknologi komunikasi WSN 37
Tabel 4.1 Hasil pengukuran pulsa pada sensor aliran air 63
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor flow sebelum kalibrasi 66
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor flow setelah kalibrasi 66
Tabel 4.3 Hasil pengukuran jangkauan modul Xbee 73
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Sinyal Dalam Jaringan WSN 74
Tabel 4.5 Kecepatan transfer Jaringan WSN.....75

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era modern ini beberapa perkembangan terjadi secara pesat, khususnya pada bidang teknologi. Teknologi merupakan salah satu wujud efisiensi yang dihasilkan manusia guna mempermudah pekerjaannya. Salah satu aspek teknologi yang berkembang adalah aspek teknologi digital. Teknologi digitalisasi dahulunya dikenal sebagai teknologi komputer beserta perangkat elektronika lainnya yang berkembang menjadi suatu kemampuan. Teknologi ini bermula dari ditemukannya berbagai perangkat sederhana hingga teknologi ini berintegrasi satu sama lainnya. Ditemukannya beberapa kekurangan dalam teknologi terkini membuat ilmu pengetahuan tentang teknologi terbaru terus dilakukan.

Wireless technology atau teknologi nirkabel, atau lebih sering disingkat *wireless* adalah teknologi elektronika yang beroperasi tanpa kabel. *Wireless technology* telah dikenal dapat dimanfaatkan untuk komunikasi maupun pengontrolan. Salah satu contoh teknologi pengontrolan adalah menggunakan *wireless sensor network*. Pentingnya teknologi nirkabel atau *wireless* semakin meningkat pesat. Peningkatan kebutuhan ini didasari oleh berbagai hal, seperti semakin meningkatnya teknologi perangkat elektronik, kebutuhan telekomunikasi, pengisian daya baterai, hingga mendorong berbagai kemudahan dalam aktivitas dan mobilitas manusia. Dengan adanya teknologi ini, pekerjaan dapat menjadi lebih mudah dan lebih efisien.

Salah satu teknologi digitalisasi berupa *wireless sensor network* yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah digitalisasi meteran air. Meteran air merupakan sebuah alat yang umum terdapat di pipa-pipa yang dialiri oleh air. Meteran air ini berfungsi untuk mencatat penggunaan air. Pada umumnya, meteran ini dipasang pada pipa utama yang mengalirkan air masuk ke dalam tujuan akhir. Meteran air bekerja secara mekanis dengan memanfaatkan arus air yang mengalir di dalam pipa yang terpasang alat meteran air tersebut. Arus air yang mengalir akan memutar sebuah rotor yang selanjutkan akan menggerakkan digit meter yang terdapat pada display meter air. Digit meter air ini yang menjadi indikator jumlah pemakaian air.

Potensi digitalisasi meteran air tersebut cukup besar. *Flow meter* atau sering disebut dengan meteran air merupakan sebuah teknologi yang diciptakan untuk memudahkan PDAM dalam menghitung dan mengontrol jumlah pemakaian air pelanggannya. Perhitungan tersebut masih dilakuan secara manual oleh petugas PDAM. Oleh karena itu, dibutuhkan waktu serta tenaga operasional untuk mencatat dan mengecek hasil dari digit meter secara manual.

Manualnya teknik pencatatan tersebut menyebabkan beberapa kekurangan pada meteran air manual pada umumnya. Salah satu kekurangannya ada pada aspek efisiensi waktu dan tenaga operasional, serta tingkat keakuratan hasil digit meter. Dengan masih manualnya teknik pencatatan tersebut, maka rentannya kesalahan pembacaan karena *human error* masih dapat terjadi dan menyebabkan pembengkakan tagihan air.

Selain itu, kebutuhan air semakin tinggi seiring dengan bertambahnya tingkat pertumbuhan penduduk dunia. **UNESCO** memprediksikan bahwa tahun 2020 dunia akan mengalami krisis air global. Pemborosan penggunaan air seringkali terjadi pada bangunan khususnya hunian. Untuk itu, diperlukan suatu sistem yang berfungsi untuk mengendalikan pemakaian air. Dengan adanya digitalisasi meteran air yang dapat diakses dengan mudah oleh pengguna, diharapkan dapat menambah tingkat kesadaran atas pentingnya penghematan air dan pengurangan penggunaan air yang berlebihan.

Untuk menyelesaikan permasalahan diatas, dapat dirancang perangkat meteran air yang terintegrasi dalam jaringan *wireless sensor network*. Dengan adanya perangkat ini, potensi penggunaan digitalisasi meteran air semakin besar khususnya pada hunian komunal seperti rumah susun atau rumah kos. Penghuni dapat dengan mudah memonitoring jumlah pemakaian air sehingga efisiensi penggunaan dan pendataan konsumsi air dapat menjadi maksimal.

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang diatas, dapat disimpulkan untuk dijadikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Masih dibutuhkannya tenaga operasional secara manual dalam sistem pengambilan data penggunaan air sehingga adanya kelemahan dari segi efisiensi waktu dan tenaga.

2. Kurangnya tingkat keakuratan pada meteran air model lama yang menyebabkan rentannya kesalahan pembacaan karena *human error*.
3. Tidak terkendalinya konsumsi air oleh pengguna karena tidak adanya monitoring penggunaan air yang mudah dilakukan.

Dengan batas masalah sebagai berikut:

1. Dapat menampilkan data penggunaan meteran pada *webserver*.
2. Sistem komunikasi menggunakan modul XBee.
3. Pengaplikasian alat pada hunian komunal contohnya rumah susun atau rumah kos.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk membuat perangkat meteran air yang terintegrasi dalam jaringan *Wireless Sensor Network* dan terhubung pada *webserver* sehingga pencatatan data konsumsi air dapat lebih efisien dalam segi waktu serta tenaga operasiona, serta pengguna dapat dengan mudah memantau konsumsi air sehingga penghematan air dapat dilaksanakan.

1.4. Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini digunakan beberapa metodologi sebagai berikut:

1. Studi Literatur
   Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan Tugas Akhir. Dasar teori ini diambil dari beberapa referensi seperti buku, jurnal, artikel, dan forum diskusi di internet.
2. Perancangan Sistem
   Perancangan sistem dilakukan setelah mempelajari dasar teori dan literatur yang telah didapat. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

   a. Perancangan Perangkat Lunak
      Perancangan alat pada tugas akhir ini menggunakan Arduino dan raspberry pi. Pada arduino digunakan software tambahan yang dikeluarkan oleh arduino yaitu arduino IDE dimana arduino IDE merupakan bahasa pemograman C atau C++ yang telah disederhanakan, dan pada raspberry pi

menggunakan bahasa pemograman python. Tiap-tiap mikrokontroler akan dirancang untuk berkomunikasi di dalam *Wireless Sensor Network.* Bahasa C yang terdapat didalam arduino akan deprogram untuk mengubah besaran pulsa yang dikeluarkan oleh sensor *waterflow* menjadi volume pemakaian air. Data yang diolah tersebut kemudian akan dikirim melalui jaringan *Wireless Sensor Network* menuju raspberry pi yang berfungsi sebagai *gateway* sebelum menuju *webserver*. Setelah data diterima oleh raspi, data tersebut akan dimasukkan ke dalam database *webserver* yang dapat diakses oleh admin sebagai *localhost.*

b.Perancangan Perangkat Keras

Dalam tugas akhir ini perangkat keras yang digunakan adalah sensor *waterflow* yang berfungsi untuk menghitung jumlah pemakaian air yang melewati sensor. Di dalam sensor ini terdapat mini turbin yang akan berputar dan menghasilkan pulsa listrik jika ada sesuatu yang melewatinya. Pulsa listrik yang dikeluarkan tersebut kemudian akan diproses oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan besaran volume air yang telah melewati sensor. Selanjutnya akan dilakukan konfigurasi *wireless sensor network* dengan menggunakan Xbee. Setelah konfigurasi berhasil dilakukan, data yang didapatkan oleh sensor dapat dikirim menuju satu titik (*node*) sebelum kemudian akan dimasukkan ke dalam database webserver. Dengan demikian pemantauan penggunaan air dapat dilakukan secara *remote*.

c.Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Pengujian akurasi pembacaan sensor *waterflow* dengan cara mengkalibrasi besaran listrik yang diterima oleh sensor, sehingga data yang dihasilkan mempunyai hasil pembacaan yang presisi.
2. Menguji pengiriman data melalui jaringan WSN. Pengujian yang dimaksud adalah mengetahui kecepatan dan ketepatan data yang dikirim dari mikrokontroler arduino menuju raspberry pi.

3. Uji coba jangkauan perangkat. Uji coba ini bermaksud untuk mengetahui jarak jangkauan Xbee dalam jaringan *Wireless Sensor Network*.

d. Pengolahan Data

Hasil data yang didapatkan dari hasil pengujian akan dianalisis sehingga dapat dipilih solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan yang ada.

e. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan mengacu pada data pengujian, hasil analisis data, dan referensi serta pustaka yang terkait. Kesimpulan yang dihasilkan menunjukkan hasil pengujian secara garis besar dan merupakan sebuah solusi dari permasalahan yang ada. Selanjutnya, saran diberikan sebagai bentuk koreksi terhadap penelitian yang telah dilakukan dan pengembangan penelitian selanjutnya yang terkait topik serupa.

f. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan sebelum, saat, dan setelah perancangan maupun pengujian sistem.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu memudahkan pengguna air dalam melakukan pemantauan konsumsi air secara digital, meningkatkan tingkat presisi pembacaan meteran air, dan sebagai dasar penelitian lebih lanjut agar dapat dikembangkan.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab I: Pendahuluan

  Bab ini meliputi latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan manfaat.

- Bab II: Tinjauan Pustaka

  Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori serta pustaka yang dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Pustaka tersebut meliputi teori dasar sensor *waterflow, XBee Transciever, dan Wireless Sensor Network.*
- Bab III: Perancangan Sistem

  Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Bab ini juga berisi tentang penjelasan prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.
- Bab IV: Pengukuran dan Analisis Sistem

  Bab ini menjelaskan tentang hasil pengukuran yang diperoleh dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan serta hasil analisis data pengukuran tersebut.
- Bab V: Penutup

  Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan meliputi kelebihan dan kekurangan pada kerja alat, serta saran untuk pengembangan kedepan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air di Indonesia

Air merupakan salah satu kebutuhan primer mahkluk hidup. Segala aktivitas masyarakat di berbagai aspek kehidupan memerlukan air. Ketersediaan air bersih dibutuhkan untuk menunjang hidup yang sehat. Pembangunan ekonomi maupun sosial sangat bergantung pada ketersediaan air termasuk untuk pemenuhan kebutuhan dasar manusia dan lingkungan. Pertumbuhan penduduk merupakan penyebab utama munculnya permasalahan pada sumberdaya air yang membutuhkan upaya pengembangan untuk memenuhi kebutuhan penduduk, bagi secara langsung maupun tidak langsung.

Indonesia memiliki curah hujan yang cukup tinggi dan memiliki sekitar 6% dari total sumberdaya air terbarukan dunia. Menurut **www.goodnewsfromindonesia.id**, dari data yang dirilis tahun 2012 Indonesia adalah negara dengan sumber daya air terbarukan terbesar ke-lima di dunia dengan sumber daya air sebanyak 2.838 kilometer kubik. Dikutip dari ***Indonesia Water Investment Roadmap*** 2011-2014 yang dirilis **Kementrian Pekerjaan Umum**, disebutkan bahwa hanya 47,71% dari total populasi Indonesia yang mendapatkan akses sumber air bersih. Hal tersebut antara lain disebabkan oleh variasi musim atau curah hujan yang tidak merata sepanjang tahun serta kondisi geografis yang mungkin sangat ekstrim. Diperkirakan penyediaan kebutuhan air bersih di Indonesia sebagian besar yaitu sekitar 60% dilakukan melalui pipa (*piped water*), sedangkan 25% lainnya bersumber dari mata air (*spring water*), dan 15% dari sumur air tanah (*ground water*) [1].

Permintaan terhadap air terus meningkat seiring pertumbuhan wilayah dan pertmbahan penduduk. Berdasarkan data **Kementrian Pekerjaan Umum**, wilayah Jawa dan Bali memiliki tingkat permintaan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainna, baik untuk kebutuhan domestik maupun irigasi, serta untuk kebutuhan industrial. Sejak awal 1990-an, kedua pulau tersebut telah mengalami defisit neraca air pada musim kemarau.

Tabel 2.1 Kebutuhan & ketersediaan air menurut pulau di Indonesia [1]

No	Pulau	Kebutuhan Air (juta m3/tahun)				Ketersediaan Air (juta m3/tahun)			
		Musim Hujan	Musim Kemarau	TOTAL	% Total Nasional	Musim Hujan	Musim Kemarau	TOTAL	% Total Nasional
1	Sumatera	8.319,0	11.646,7	19.965,7	18%	384.774,4	96.193,6	480.968,0	25%
2	Jawa & Bali	27.432,9	38.406,1	65.839,0	59%	101.160,8	25.290,2	126.451,0	7%
3	Kalimantan	2.040,8	2.857,2	4.898,0	4%	389.689,3	167.009,7	556.699,0	28%
4	Sulawesi	6.433,3	9.006,7	15.440,0	14%	129.400,2	14.377,8	143.778,0	7%
5	Nusa Tenggara	1.440,0	4.320,0	5.760,0	5%	37.940,4	4.215,6	42.156,0	2%
6	Papua	57,2	80,0	137,2	0,1%	381.763,9	163.613,1	545.377,0	28%

Penyediaan air bersih di Indonesia terutama untuk daerah perkotaan telah ada sejak zaman penjajahan Belanda. Setelah merdeka, sebagian besar penyediaan kebutuhan air bersih di Indonesia dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang terdapat pada setiap provinsi, kabupaten, dan kota di seluruh Indonesia. SIstem penyediaan air bersih di perkotaan yang modern biasanya menggunakan jaringan perpipaan yang berada di bawah permukaan tanah. Sistem penyediaan air bersih di Indonesia secara umum dapat dikelompokkan atas 2 sistem yaitu sistem individual dan sistem komunal. Pada umumnya sistem komunal di Indonesia menggunakan jasa PDAM sebagai penyedia layanan yang menggunakan jaringan perpipaan sebagai ciri dari sistem penyediaan air bersih yang modern. Menurut penelitian **Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI)** tahun 2004, sekitar 41% populasi Indonesia hidup di wilayah urban dan sebanyak 51,7% diantaranya (atau sekitar 20% dari total populasi) telah terlayani oleh PDAM (*piped water service*).

Sadar akan ketersediaan air bersih yang semakin menipis, masyarakat diharap mulai mengubah gaya hidup dan meminimalisir penggunaan air. Upaya sederhana yang dijalankan secara konsisten dan berkelanjutan akan membantu kita semua, menghemat air akan membuat ketersediaan air bersih kembali meningkat. Hal ini dapat dimulai dari hal-hal sederhana seperti menghabiskan air minum, menggunakan air secukupnya (untuk memasak, mencuci piring, mencuci pakaian, dll), mulai bercocok tanam di halaman rumah, dll.

2.2. Meteran Air

Di banyak negara maju meter air yang digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan oleh bangunan komersial dan perumahan yang dilengkapi dengan air dengan sistem penyediaan air publik. Air meter juga dapat digunakan pada sumber air, baik, atau seluruh sistem air

untuk menentukan aliran melalui bagian tertentu dari sistem. Di sebagian besar dunia aliran ukuran meter air dalam meter kubik (m^3) atau liter tetapi di Amerika Serikat dan beberapa meter air negara-negara lain yang dikalibrasi dalam kaki kubik ($ft.^3$) atau galon AS pada daftar mekanik atau elektronik. Beberapa register meter elektronik dapat menampilkan tingkat-of-aliran di samping jumlah penggunaan.

Ada beberapa jenis air meter umum digunakan. Pilihan tergantung pada metode pengukuran aliran, jenis pengguna akhir, laju aliran yang dibutuhkan, dan persyaratan akurasi. [2]

Menurut **SNI 2547:2008,** meteran air adalah alat untuk mengukur banyaknya aliran air secara terus menerus melalui sitem kerja peralatan yang dilengkapi dengan unit sensor, unit penghitung, dan unit indikator pengukur untuk menyatakan volume air yang lewat. Sedangkan badan meter air merupakan bagian utama yang ditengahnya merupakan ruang untuk menempatkan alat hitung dan mempunyai saluran masuk dan saluran keluar pada sisi yang berlawanan.

Meteran air konvensional yang terpasang di tiap rumah (ditunjukan oleh **gambar 2.1**) digunakan untuk menghitung debit pemakaian air dalam satuan Meter kubik (m^3). Selanjutnya, 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 konvensional yang digunakan PDAM [4]

2.2.1. Peranan Meteran Air

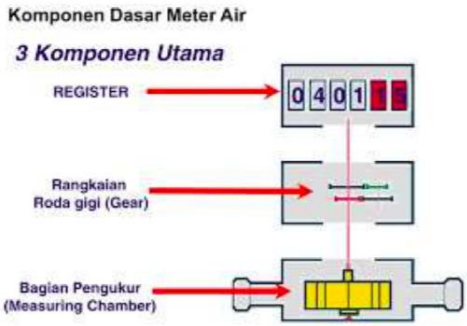
Dengan adanya fungsi khusus pada meteran air, maka didapatkan peranan meteran air adalah sebagai berikut:

a. Meter air memastikan kepada pelanggan mengenai biaya yang dikenakan sesuai dengan proporsi air yang dikonsumsi.
b. Sistem untuk menunjukkan proses akuntabilitas.
c. Meter air bersifat adil pada setiap pelanggan karena mampu merekam setiap penggunaan air tertentu.
d. Meter air mampu mendorong pelanggan untuk melakukan penghematan air terutama jika dibandingkan tingkat tarif.
e. Sistem utilitas yang mampu memantau volume air yang keluar.
f. Meter air membantu dalam deteksi kebocoran dan pipa yang patah dalam distribusi air minum.

2.2.2. Kapasitas Meteran Air

a. Kemampuan ukur maksimum (Qmaks).
b. Kemampuan ukur nominal (Qn).
c. Batas peralihan (Qt).
d. Kemampuan ukur minimum (Qmin).
e. Kepekaan (Starting Flow).
f. Batas lingkup beban.
g. Kesalahan maksimum yang diizinkan.
h. Kehilangan tekanan.

2.2.3. Komponen Dasar Meteran Air



Gambar 2.2 Susunan dasar meteran air [5]

Tiga komponen diatas adalah susunan dasar dari sebuah meter air. Untuk detail bagian display dapat dilihat pada **gambar 2.3.**

Gambar 2.3 Bagian display meteran air [5]

a. Tipe meter adalah jenis meter yang menjadi acuan pembuatan meter itu apakah *multijet* atau *singlejet.*
b. Nominal *flowrate* (Qn) adalah debit acuan (nominal) tingkat kemampuan ukur meter air.
c. *Metrology class* adalah klarifikasi kelas meter berdasakan nilai akurasi. Meter dengan kelas C akan lebih akurasi jika dibandingkan meter kelas B dan seterusnya.

2.2.4. Meteran Air Konvensional

Cara kerja meteran air konvensional (**gambar 2.1**) adalah dengan memanfaatkan kincir horizontal pada rongga yang akan dilewati aliran air. Poros kincir tersebut dihungkan dengan *gear* yang diatur sedemikian rupa sehingga banyaknya volume 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 menunjukan air

dalam satuan meter kubik, sedangkan warna **merah** digunakan untuk menunjukan sub-kelipatan dari meter kubik (liter). Volume ditunjukan dengan gerakan kontinu dari satu atau lebih jarum penunjuk yang bergerak relatif 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 (x0,001; x0,01; x0,1; x1; x10; x100) dan seterusnya. [3]

Gambar 2.4 Cara membaca meteran air konvensional [6]

2.2.5. Meteran Air Digital

Meter air digital dibuat untuk 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 alternatif 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). [4]

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. Contoh perangkat meteran air digital dapat dilihat pada **gambar 2.5.**

Gambar 2.5 Contoh *Fluidic Osilasi Meter* (*smartmeter*) [7]

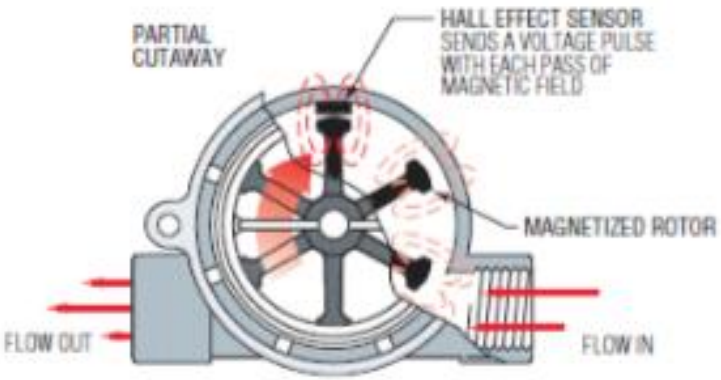
2.3. Sensor *Waterflow* FS300A

Wateflow sensor adalah sensor yang mempunyai fungsi sebagai penghitung debit air yang mengalir yang dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam nilai satuan Liter. Sensor ini terdiri dari beberapa bagian yaitu katup plastik, rotor air, dan sensor *hall effect*. Pada dasarnya, *waterflow sensor* adalah sensor yang memanfaatkan prinsip *hall effect* pada cara kerjanya. *Hall effect* dirancang untuk mendeteksi adanya objek magnetis dengan perubahan posisi suatu benda [8]. Spesifikasi sensor *waterflow* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Spesifikasi *Flowsensor* pada umumnya

Spesifikasi	Keterangan
Debit Air yang Dapat Terukur	1-30 L
Tekanan Air Maksimal	2 Mpa
Material	PVC
Catu Daya	4,5 – 18 V DC
Konsumsi Arus	15 mA (pada Vcc=5V)
Tipe Sensor	Rotor mekanik
Suhu Air Maksimum	80 C
Rentang Kelembaban	35-90 %
Duty Cycle	50+10%
Diameter Sambungan	0,5 inch
Tingkat Error	3 % (pada debit 1L/menit – 10 L/menit)

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 fluks magnet, jenis dan dimensi material yang digunakan, perbandingan arah antara jenis senyawa *hall effect* dan arah dari fluks dan kerapatan magnet, arah dari arus yang melalui sensor dan sudut antara senyawa yang diukur dan fluks magnet. 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 funsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit switch dan sensor keberadaan (*presence sensors*). Keluaran dari sensor ini merupakan tegangan (*pulse width moderator*) yang diubah menjadi pulsa-pulsa digital dan kemudian diolah menjadi sebuah *database* dengan menggunakan mikrokontroler. [6]



Gambar 2.6 Prinsip kerja sensor *waterflow* [8]

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 ditunjukan oleh **gambar 2.6**. Dengan demikian, keluaran dari sensor ini dapat menghasilkan pulsa-pulsa yang diakibatkan oleh magnet pada turbin dan berbentuk *on* dan *off* yang dibaca oleh transduser *hall effect* pada rangkaian pendeteksinya.

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. *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 ¾ inch, arus maksimal 15mA, memiliki kapasitas beban maksimal ≤10mA, dan keluaran *duty cycle* 50±10%, bentuk fisik sensor *waterflow* fs300A G3/4 ditunjukan oleh **gambar 2.7.**

Gambar 2.7 Sensor waterflow FS300A yang telah dilengkapi sensor *Hall Effect* [9]

2.4. *Solenoid Valve*

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui sebuah kumparan (solenoida). *Solenoid valve* ini sering digunakan sebagai elemen kontrol pada sistem fluida seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik, ataupun sistem kontrol mesin lainnya yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Tugas dari *solenoid valve* adalah untuk mematikan, *release, dose, distribute* atau *mix fluidics*. Solenoid *valve* digunakan pada banyak aplikasi. *Solenoid valve* menawarkan *switching* cepat dan aman, keandalan yang tinggi, awet/masa *service* yang cukup lama, kompabilitas media yang banyak digunakan, daya kontrol yang rendah, dan desain yang *compact*.

Solenoid valve pneumatic atau katup solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, dan lubang *exhaust*. Lubang masukan berfungsi sebagai terminal/tempat udara bertekanan masuk atau *supply* (*service unit*), sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat angin keluar yang dihubungkan ke *pneumatic*, sedangkan lubang *exhaust* berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat *plunger* bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve pneumatic* bekerja. Contoh penggunaan *selenoid valve* adalah pada sebuah tandon air, *solenoid valve* bertugas sebagai pengatur pengisian air.

Solenoid valve mempunyai banyak variasi dalam hal kegunaan atau kebutuhan dari mesin tersebut diantara kegunaan *solenoid valve* adalah:

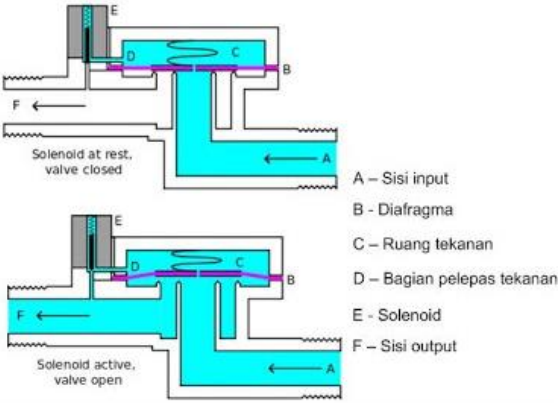
- Digunakan untuk menggerakan tabung silinder.
- Digunakan untuk menggerakan piston *valve*.
- Digunakan untuk menggerakan *blow zet valve*.
- dan lainnya.

Fisik dan dimensi *Solenoid Valve* dapat dilihat pada **gambar 2.8**:

Gambar 2.8 Bentuk fisik *solenoid valve* [10]

2.4.1. Cara Kerja *Solenoid Valve*

Solenoid valve merupakan sebuah katup yang digerakkan oleh energi listrik yang mempunyai kumparan sebagai penggeraknya. Kumparan ini berfungsi untuk menggerakan piston yang dialiri oleh arus AC ataupun DC sebagai daya penggerak. *Solenoid valve* memiliki 2 buah saluran yaitu saluran masuk (*inlet port*) dan saluran keluar (*outlet port*). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan untuk cairan atau air, saluran keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya cairan.

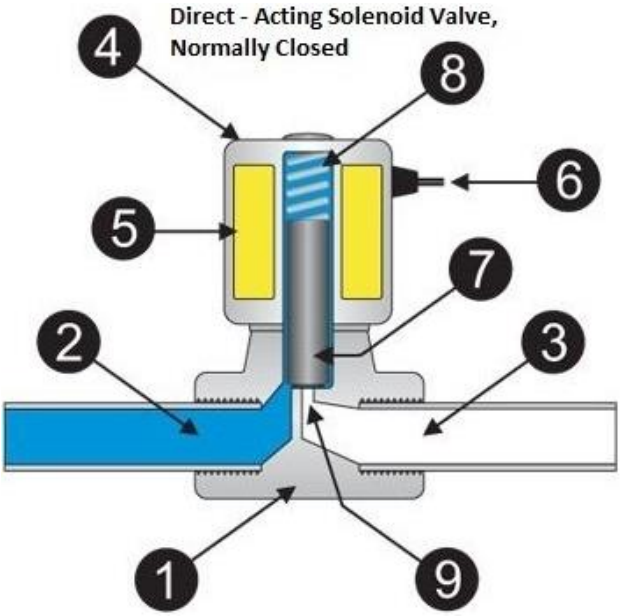


Gambar 2.9 Cara kerja *solenoid valve* [10]

Seperti yang dapat dilihat pada **gambar 2.9**, *solenoid valve* akan bekerja bila kumparan/*coil* mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja solenoid valve adalah 100/200VAC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan selenoida tersebut. Dan saat pin tersebut ditarik naik maka fluida akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan fluida yang masuk mengangkat diafragma. Sehingga katup utama terbuka dan fluida mengalir langsung dari A ke F.

2.4.2. Bagian-bagian pada *Solenoid Valve*

Di dalam sebuah *solenoid valve*, terdapat beberapa bagian sebagai berikut:



Gambar 2.10 Ilustrasi bagian-bagian pada *solenoid valve* [10]

Keterangan:

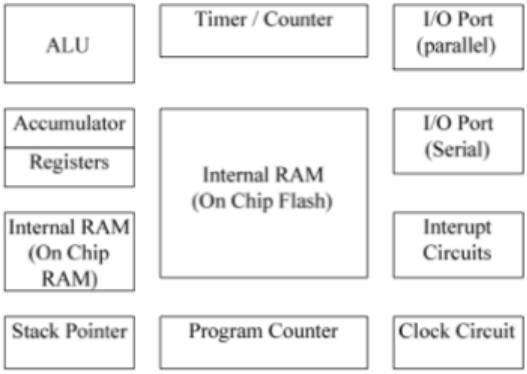
1. *Valve Body*
2. *Inlet Port*
3. *Outlet Port*
4. *Coil* (Kumparan)

   Coil merupakan benda berupa lilitan kawat yang dililitkan terhadap besi, menyerupai sebuah trafo. Apabila dialiri listrik, maka akan menghasilkan medan magnet sementara untuk menarik plat besi yang ada didalamnya. Plat besi yang ada didalam *coil* bergerak maju dan mundru untuk mendorong piston.
5. *Coil Windings*
6. Kabel *Supply* Tegangan
7. *Piston (Plunger)*

   Piston terletak didalam rumah piston yang berfungsi untuk memindahkan udara dari inputke output. Piston berbentuk memanjang dan dilengkapi dengan beberapa karet O-ring di bagian tengah agar tidak bocor.
8. *Spring*
9. *Orifice*

2.5. Mikrokontroller Arduino Uno

Mikrokontroler adalah suatu chip yang dapat berfungsi untuk mengontrol rangkaian elektronik dengan menyimpan program didalamnya. Pada umumnya, mikrokontroler terdiri dari CPU (*central processing unit*), memori *Input/Output* tertentu. Beberapa mikrokontroler juga dilengkapi dengan ADC (*analog to digital converter)* yang sudah terintegrasi didalamnya. 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 karena kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O oendukung sehingga ukuran papan mikrokontroller menjadi ringkas. Blok diagram umum mikrokontroller dapat dilihat pada **gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Blok diagram mikrokontroler [13]

Arduino Uno merupakan salah satu variasi mikrokontroler yang awalnya diproduksi untuk keperluan penelitian. Perangkat ini merupakan perangkat mikrokontroler *single-board* dengan platform prototipe elektronik 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.

Platform arduino terdiri dari *arduino board*, *shield*, bahasa pemrograman arduino, dan *arduino development environment*. Arduino board biasanya memiliki sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. 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.

2.5.1. Spesifikasi Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital *input/output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, header ICSP, tombol *reset*, dan sebuah konektor sumber tegangan.

Arduino uno dibangun berdasarkan keperluan pendukung sebuah mikrokontroler. Sumber daya didapatkan dengan menghubungkannya ke sebuah computer melalui kabel USB atau tegangan DC yang bersumber dari baterai atau adaptor AC ke DC. 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 converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB. Revisi 2 dari Uno memiliki resistor pulling 8U2 HWB yang terhubung ke tanah, sehingga lebih mudah untuk menggunakan mode DFU. Berikut merupakan table data teknis board Arduino UNO:

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

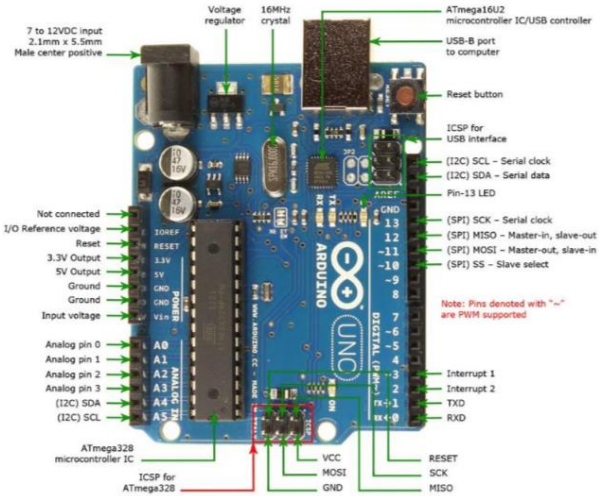
Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroller	**ATmega 328**
Tegangan Operasi	**5 V**
Tegangan *Input* (Normal)	**7-12 V**
Tegangan *Input* (Batas Limit)	**5-20 V**
Pin Digital I/O	**14 (6 diantaranya PWM output)**
Pin Analog *Input*	**6**
Arus DC per pin I/O	**20-40 mA**
Memori *Flash*	**32KB (0,5 untuk *bootloader*)**
SRAM	**2 KB**
EEPROM	**1 KB**
Kecepatan Pewaktuan (*Clock Speed*)	**16 Mhz**

Panjang x Lebar	**68.6 mm x 53.4 mm**
Berat	**25 g**

Arduino UNO dapat bekerja dengan catu daya 3.3V dan 5V yang masing-masing memiliki pin tersendiri pada *board* UNO. Selain itu, catu daya yang dibutuhkan dari Arduino UNO juga dapat bersumber dari baterai 9V yang dimasukan ke *board* setelah melalui voltage regulator yang sudah tersedia pada perangkat. Maisng-masing dari 14 pin digital yang dimiliki Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* menggunakan fungsi *pinMode(), digitalWrite(),* dan *digitalRead().* Masing-masing pin tersebut beroperasi pada tegangan 5 volt dan mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dengan resistor *pull-up* internal sebesar 20-30 KOhm.

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 pemrogramanya yang disederhanakan. Kelebihan lainya adalah tersedianya *shield* atau perangkat pendukung untuk Arduino UNO seperti *GPS shield*, *Ethernet shield*, *SD Card* 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. Spesifikasi lebih detail Arduino Uno dapat dilihat pada **gambar 2.12.**



Gambar 2.12 Spesifikasi Arduino Uno [14]

2.5.2. Perangkat Lunak Arduino IDE

Pemrograman board Arduino Uno dilakukan dengan menggunakan Arudino *Software* IDE (*integrated development environment)* yang merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk mendukung penggunaan setiap varian perangkat Arduino. Perangkat lunak ini dirancang untuk sarana pemrograman Arduino. Bahasa pemrograman yang digunakan pada software ini adalah hasil penyederhanaan dari bahasa pemrograman C/C++. *Bootloader* yang telah terprogram bertugas untuk memudahkan perograman lebih sederhana menggunakan Arduino *software* tanpa harus menggunakan tambahan *hardware* lain. Karena sifatnya yang *open-source*, *software* ini bisa bekerja menggunakan banyak *library* yang dapat dengan mudah ditemukan di internet sebagai pendukung sebuah sensor atau perangkat. Misalnya, untuk menggunakan sebuah sensor, pengguna 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. Tampilan dari software IDE dapat dilihat dari **gambar 2.13**:

Gambar 2.13 Tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE

2.6. Transciever XBee

XBee adalah sebuah merk yang mendukung beberapa modul komunikasi radio dan diproduksi oleh Digi International. Pada awalnya radio XBee pertama diproduksi oleh merk MaxStream berdasarkan standard IEEE 802.15.4 tahun 2003 yang dirancang unutuk komunikasi *point to point* dan komunikasi *star* dengan kecepatan transfer data 250 kb/s.

XBee memiliki dua versi yaitu seri 1 dan seri 2. Seri 1 hanya mendukung *Pro*tokol IEEE 802.15.4 dan komunikasi *point to point* dan *point to multipoint*. Sedangkan, seri 2 melengkapi seri 1 yaitu mendukung Protokol yang ditentukan *Zigbee Alliance* dan komunikasi *mesh*. Perbedaan dari *XBee* dan *XBee Pro* bisa dilihat dari **Tabel 2.4** [15].

Tabel 2.4 Perbedaan XBee S2 dan XBee Pro S2

Perbedaan	*XBee S2*	*XBee Pro S2*
Daya	1-2 mW	50-63 mW
Jangkauan *indoor*	40 m	60-90 m
Jangkauan LOS	120 m	1,5-3,2 km
Sensitivitas Penerima	-96 dBm	-102 dBm
TX Peak Current	40 mA @3,3 V	170-295 mA
RX Current	40 mA @3,3 V	45 mA @3,3 V
Power Down Current	<1 μA	3,5 μA

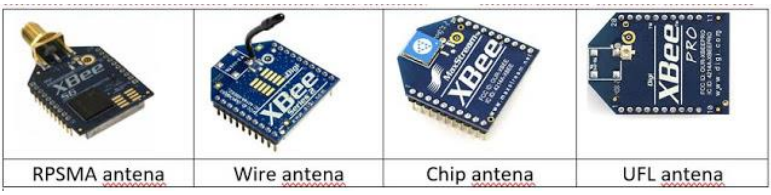
XBee mempunyai 7 masukan maupun keluaran yang dapat diatur sebagai I/O *digital* maupun *analog*. Untuk masukan *analog* hanya 4 *pin* yang bisa digunakan. Untuk tegangan masukan tegangan masukan maksimal 1,2 V. Untuk itu diperlukan pembagi tegangan jika masukan dari alat memiliki lebih dari 1,2 V. Di dalam mengatur konfigurasi *XBee* digunakan aplikasi X-CTU maupun melalui *hyperterminal*, dimana dapat dilakukan melalui perintah *AT command* maupun secara visual yang sudah ada pada menu X-CTU.

Modul XBee dapat melakukan komunikasi antara satu dengan lainnya tanpa melalui kabel. Modul ini cocok digunakan pada aplikasi yang memerlukan komunikasi, namun memiliki kesulitan pada proses pemasangan kabel. XBee diproduksi dalam berbagai pilihan antena, diantaranya dengan konektor *U.FL antenna*, *chip antenna*, *wire antenna*, *PCB antenna* dan *RPSMA antenna*. Penjelasan dari setiap *antenna* pada XBee ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Penjelasan jenis-jenis antenna pada XBee

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

Gambar dari masing-masing jenis antena pada XBee dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.14 Jenis-jenis antena pada Xbee [16]

2.6.1. Variasi XBee

Terdapat dua jenis variasi dari modul XBee, yaitu dalam bentuk *surface mount* dan bentuk *through hole*. Perbedaan dari keduanya terletak pada ukuran dan cara menghubungkanya 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 2.15.**

Gambar 2.15 Variasi *XBee through hole* dan *XBee surface mount*.

XBee juga diproduksi dalam varian XBee reguler (non-pro) dan XBee PRO pada frekuensi 2.4 GHz. Perbedaan dari keduanya terletak pada jarak komunikasi yang mampu dijangkau oleh modul tersebut. Modul XBee biasa memiliki daya output rendah sekitar 1mW (S1) sehingga jangkauan komunikasinya relatif lebih dekat. Sedangkan, XBee PRO series memiliki daya output yang lebih tinggi sekitar 63mW (S1) sehingga jagkauan komunikasinya relatif lebih jauh. 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 lebih lengkap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Spesifikasi Jangkauan *XBee line of sight.*

Jenis XBee	Jangkauan *Line of Sight*	Arus Tx	Arus Rx
XBee 2.4Ghz S1 Reguler	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 868Mhz S8	4 km	48 mA	27 mA

2.6.2. Spesifikasi Modul XBee

Pada **tabel 2.7** dibawah merupakan beberapa spesifikasi dasar dari modul XBee. Informasi detil dari modul XBee terdapat pada datasheet masing-masing produk.

Tabel 2.7 Spesifikasi dasar modul Xbee.

Frekuensi Kerja	2.4 GHz
Modulasi	DSSS
Jenis Antena	*RPSMA, UFL, Chip, Wire*
Antarmuka	Serial UART
Catu Daya	2.8-3.4 VDC
Level Antarmuka	UART TTL 3V3

Kecepatan Transmisi Serial	1200-115200 bps
Topologi	*Point to point, Point to multipoint, Peer to peer Mesh*
Jumlah PAN ID	65535
Jumlah Kanal	16
Opsi Pengalamatan	PAN ID, kanal, addressing

2.6.3. Parameter Jaringan XBee

Parameter jaringan yang digunakan untuk membentuk suatu jaringan menggunakan modul XBee serta penjelasannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Penjelasan jenis-jenis antenna pada XBee

Parameter Jaringan	Penjelasan
PAN ID (Kode:ID)	Merupakan kode identifikasi untuk suatu jaringan personal. Semua perangkat komunikasi dalam 1 jaringan memiliki PAN ID yang sama. Range PAN ID adalah 0-FFFFH (terdapat 65536 pilihan PAN ID)
Kanal Komunikasi (Kode: CH)	Kanal komunikasi menentukan pilihan kanal yang digunakan pada operasiona modul XBee. Pada modul XBee S1 terdapat 16 pilihan kanal yang bisa digunakan. Range kanal komunikasi adalah 0x0B-0x1A.

Nomor Serial (Kode: SH dan SL)	Setiap modul XBee memiliki nomor serial yang berbeda-beda (bersifat unik). Nomor serial berupa 64-bit kode yang terbagi menjadi nomor serial atas (SH: *Serial High*) dan nomor serial bawah (SL: *Serial Low*).
Alamat Asal (Kode: MY)	Alamat asal/diri merupakan 64 bit alamat yang dapat diatur oleh user. Alamat ini harus bersifat unik dalam sebuah jaringan.
Alamat Tujuan (Kode: DH dan DL)	Alamat tujuan merupakan 64 bit alamat tujuan pengiriman data suatu modul XBee. Alamat tujuan ini dibagi menjadi 2 yaitu alamat tujuan atas (DH: *Destination High*) dan alamat tujuan bawah (DL: *Destination Low*)
Node Discovery (Kode: ND)	*Node discovery* merupakan salah satu fitur yang disediakan oleh modul XBee untuk mendeteksi perangkat komunikasi sejenis yang aktif dalam satu jaringan.

2.6.4. Konfigurasi Modul XBee

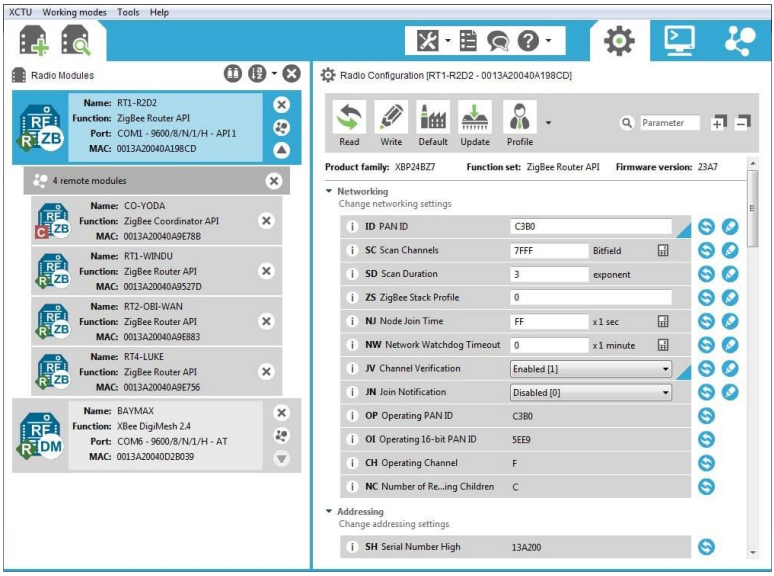
Sebelum dapat digunakan, modul XBee harus dikonfigurasi terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Proses pengaturan konfigurasi modul XBee dapat dilakukan melalui 2 cara, yaitu:

a. Tool Terminal

Pengaturan konfigurasi melalui *tool terminal* seperti *hyperterminal*, *HTerm terminal*, *teraterm* dapat dilakukan oleh perintah *AT-Command* sesuai dengan informasi pada *datasheet*.

b. Fasilitas *Modem Configuration* pada X-CTU

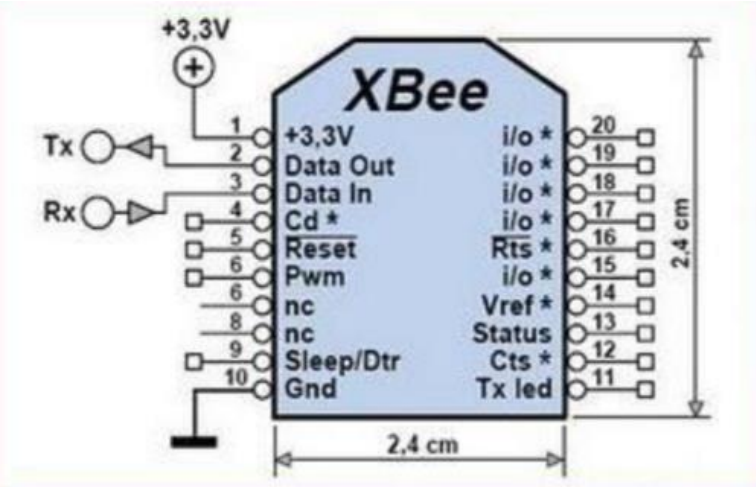
X-CTU merupakan salah satu tool yang disediakan oleh Digi untuk mengakomodasi proses diagnosa modul XBee, update *firmware*, pembacaan konfigurasi, pengaturan konfigurasi, maupun pengujian modul Xbee. Langkah paling sederhana untuk pengaturan konfigurasi modul adalah menggunakan fasilitas *Modem Configuration* pada software X-CTU.



Gambar 2.16 Tampilan *modem configuration* pada *software* X-CTU

2.6.5. 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 lainya. 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 2.17** dan **tabel 2.9.**



Gambar 2.17 Konfigurasi pin modul komunikasi XBee [17]

Tabel 2.9 Penjelasan *pinout* XBee.

Pin	Nama	Penjelasan
1	Vcc	*Power Supply*
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*

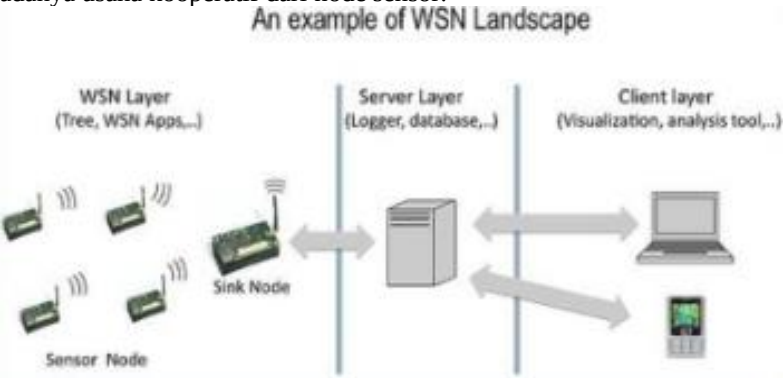
9	*Sleep*	*Pin sleep*
10	Gnd	*Ground*
11	DIO 4	*Digital I/O 4*
12	CTS	*Clear to send*
13	*ON SLEEP*	Status Indikator
14	VREF	Tegangan Referensi ADC
15	DIO 5	*Digital I/O 5d*
16	RTS	*Request to Send Flow Control*
17	DIO 3	*Digital I/O 3*
18	DIO 2	*Digital I/O 2*
19	DIO 1	*Digital I/O 1*
20	DIO 0	*Digital I/O 0*

2.7. Wireless Sensor Network (WSN)

Secara sederhana, *wireless* biasa diterjemahkan sebagai nirkabel atau tanpa kabel. Teknologi *wireless* merupakan teknologi yang menghubungkan dua perangkat/*device* atau lebih (dalam hal ini umumnya berupa komputer) untuk berkomunikasi/bertukar data, mengakses suatu aplikasi pada perangkat lain tanpa menggunakan media kabel. Adapun media yang digunakan berupa frekuensi radio (RF), atau infra merah.

Wireless Sensor Network (WSN) atau lebih sering disebut dengan istilah jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa *node* sensor dan secara mandiri yang terdistribusi di suatu area tertentu guna membentuk suatu jaringan yang dapat digunakan untuk memantau suatu kondisi fisik atau lingkungan. Masing–masing *node* dalam jaringan sensor nirkabel biasanya dilengkapi dengan *radio tranciever* atau alat komunikasi *wireless* lainnya, mikrokontroler, sirkuit analog, dan sumber energi (umumnya baterai). Node sensor ini biasa dikombinasikan dengan *router* dan *getaway* untuk membentuk sebuah sistem jaringan sensor nirkabel. Masing-masing node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan informasi untuk kemudian dikirimkan kepada *webserver/base station/sentral getaway*.

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 lainya dari teknologi ini adalah memungkinkan adanya usaha kooperatif dari node sensor.



Gambar 2.18 Ilustrasi Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) [18]

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[19]. Dengan teknologi WSN, Sensor menjadi bersifat *portable* yang mudah dipindahkan, WSN 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 selagi 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 koordinator merupakan suatu bagian dari WSN yang bertugas untuk mengumpulkan informasi atau data yang dihasilkan oleh node sensor. 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 *gateaway* 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 *multi-hop* dengan *delay* rendah dan hemat energi. Usianya bisa mencapai beberapa tahun dengan baterai kecil. Masing-masing 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.

2.7.1. Komunikasi *Wireless Sensor Network*

Dalam *Wireless Sensor Netork*, 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* ditunjukan pada **gambar 2.20**. Berdasarkan gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi Wi-Fi lebih relevan dibandingkan dengan modul komunikasi lainya pada *WSN.*

Tabel 2.10 Perbandingan teknologi komunikasi WSN.

	WiFi	**Bluetooth**	**Infrared**	**NFC**
Range	0 – 100 m	0 – 10 m	0 – 1 m	<50 cm
Transfer	High	Medium	Medium	Low
Rate	54 Mbps	1 Mbps		424 kbps
Security	Low	High	Low	Very High
Cost	High	Medium	Medium	Very Low

Untuk melakukan komunikasi dengan teknologi Wi-Fi digunakan standard komunikasi IEEE. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) adalah group dari Organisasi Insinyur yang mengatur standarisasi dalam bidang teknologi informasi. Setiap standarisasi yang diciptakan memiliki kode tersendiri. Salah satunya standarisasi di jaringan *wireless* yang memiliki kode 802.11. Dengan adanya standar ini dimaksudkan agar setiap perangkat *wireless* yang berbeda tetap dapat berkomunikasi meski berbeda vendor.

Standard komunikasi IEEE 802.11 ini sudah digunakan sejak tahun 1985 oleh pemerintah Amerika Serikat. Teknologi jaringan ini merupakan yang paling umum digunakan. Ada beberapa pita frekuensi yang diguakan 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. Penjelasan lebih lanjut dari masing-masing pita frekuensi dapat dilihat pada penjabaran di bawah ini[10]:

a. 802.11

   Pada Tahun 1997, IEEE menciptakan standar *wireless* yang pertama bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang dinamakan 802.11. Namun standar ini hanya mendukung *bandwidth* jaringan maksimal 2 Mbps, telalu kecil untuk komunikasi jaringan pada saat ini. Oleh karena itu perangkat wireless dengan standar ini tidak diproduksi lagi.

b. 802.11b

   IEE menciptakan standar lanjutan yang dinamakan 802.11b pada tahun 1999 mendukung *bandwidth* mencapai 11 Mbps. Masih bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Vendor perangkat elektronik pada umumnya lebih memilih menggunakan frekuensi ini dikarenakan dapat menekan biaya produksi. Seperti yang diketahui, frekuensi 2,4 GHz merupakan frekuensi radio yang tidak diatur sehingga dapat menimbulkan gangguan dari perangkat elektronik lainnya seperti *microwave*, televisi dan perangkat lainnya yang menggunakan frekuensi 2,4 GHz. Namun hal tersebut dapat dihindari dengan mengatur jarak antar perangkat elektronik sehingga tidak menimbulkan gangguan atau interferensi.
   Router yang hanya menggunakan standar 802.11b ini juga sudah tidak diproduksi lagi. Namun beberapa router baru masih mendukung standar ini. Standar ini, secara teoritis mendukung *bandwidth* data mencapai 11 Mbps dan jangkauan sinyal mencapai sekitar 150 kaki (+-45 Meter).

c. 802.11a

Saat standar 802.11b sedang dikembangkan, IEEE membuat ekstensi untuk standar 802.11 yang dinamakan 802.11a. Standar ini diciptakan pada saat yang bersamaan dengan standar 802.11b. Standar ini sudah mendukung *bandwidth* data mencapai 54 Mbps dan menggunakan frekuensi 5 GHz (semakin tinggi frekuensi maka semakin pendek jangkauan sinyal). Dikarenakan berjalan pada frekuensi yang bebeda dengan standar 802.11b, kedua teknologi ini tidak kompatibel satu sama lain. Beberapa vendor menawarkan perangkat jaringan *hybrid* 802.11a/b. Namun perangkat tersebut hanya dapat menjalankan satu standar pada satu waktu.

d. 802.11g

Standar ini diciptakan pada tahun 2002 dengan menggabungkan kelebihan masing masing standar 802.11a dan 802.11b. Standar ini mendukung *bandwidth* 54 Mbps dan menggunakan frekuensi 2,4 GHz yang berarti memiliki jangkauan sinyal yang luas. Perangkat dengan network adapter yang mengadopsi standar ini juga kompatibel dengan standar 802.11b begitu juga sebaliknya.

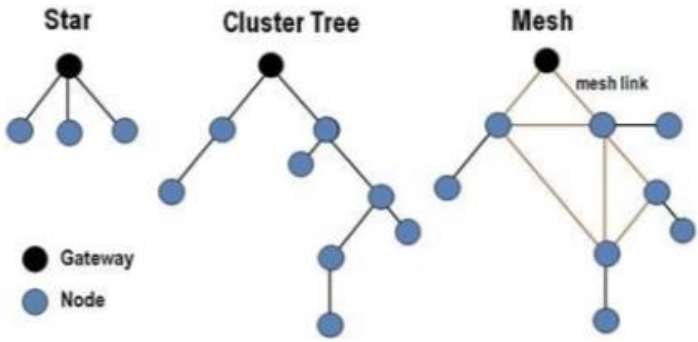
e. 802.11n

Standar 802.11n sering dikenal dengan sebutan *Wireless-N* diciptakan untuk memperbaiki standar 802.11g dalam hal jumlah *bandwidth* yang didukung dengan memanfaatkan beberapa sinyal *wireless* dan antena (disebut dengan teknologi MIMO, *Multiple in Multiple out*). IEEE meresmikan standar ini pada tahun 2009 dengan spesifikasi menyediakan *bandwidth* sampai 300 Mbps. Standar ini juga menawarkan jangkauan sinyal yang lebih baik dibandingkan standar *wireless* sebelumnya serta memiliki kompabilitas dengan perangkat yang memiliki standar 802.11b/g. Standar wireless ini beroperasi 2 frekuensi yaitu 2,4 GHz dan 5GHz.

f. 802.11ac

Generasi terbaru dari standar Wifi yang populer digunakan. Memanfaatkan teknologi *wireless dual band* mendukung koneksi secara bersamaan pada frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz. Menawarkan kompabilitas dengan standar 802.11b/g/n serta mendukung bandwidth mencapai 1300Mbps pada frekuensi 5 GHz ditambah 450Mbps pada frekuensi 2,4 GHz. 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 menyebaban kebutuhan daya pada *standard* ini lebih besar. Untuk itu, telah 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 2.19 Topologi yang umum digunakan dalam jaringan nirkabel.

a. Topologi Bintang (*Star*)

Yang dimaksud topologi *star* adalah topologi yang menggunakan *hub/switch* yang menghubungkan *hub/switch* yang menghubungkan setiap *client*. *Switch/hub* berfungsi sebagai pengatur dan pengendali dalam pengiriman data ke komputer satu tanpa melewati komputer yang bukan tujuan. 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.

b. Topologi Pohon (*Cluster Tree*)

Yang dimaksud dengan topologi *tree* adalah topologi yang 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 menginisasi 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.

c. Topologi *Mesh*

Yang dimaksud dengan pengertian topologi *mesh* adalah topologi yang saling terhubung dengan setiap perangkat. Topologi mesh menggunakan kabel tunggal dan tidak memerlukan *switch* atau *hub*. Topologi *mesh* merupakan topologi gabungan dari topologi *ring* dan *star.* Terdiri dari satu kordinator, 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 mencarikan jalur 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

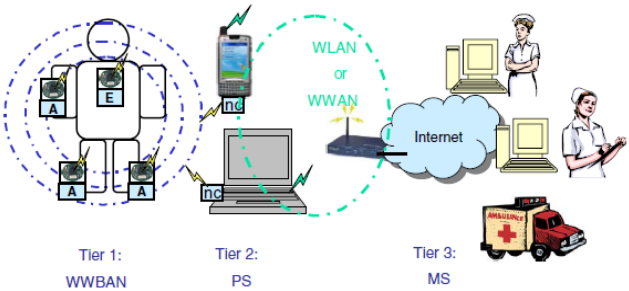
penelitian pada beberapa subjek, diantaranya: *data dropped, package loss, delay* dan *throughput* diketahui bahwa topologi mesh memiliki komunikasi yang lebih baik dibandingkan dengan topologi lainnya.

2.7.2. Contoh 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 Kesehatan

   Sistem monitoring kesehatan ini dapat memonitor perubahan bagian-bagian vital manusia dan menyediakan *feedback* untuk membantu memperbaiki status kesehatan kembali optimal. Pasien (user) dapat memperoleh keuntungan dari *monitoring* jangka panjang sebagai bagian dari prosedur *diagnostic* dan dapat mencapai perawatan optimal dari kondisi kronis atau dapat mengawasi selama masa penyembuhan kejadian akut atau pasca operasi.



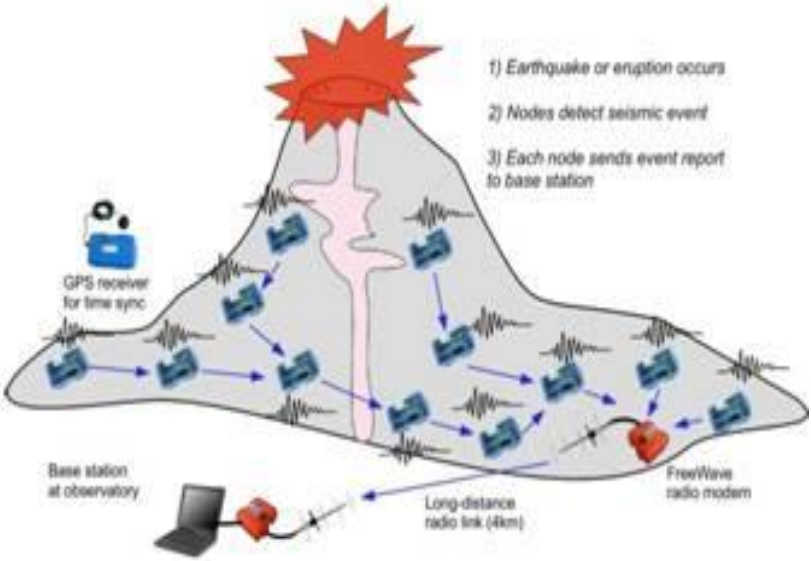
Gambar 2.20 Ilustrasi teknologi WSN sebagai *health monitoring*.

Tier 2 bertanggung jawab pada sejumlah tugas, menyediakan *interface* transparan ke *wireless medical sensor*, *interface* ke user, dan i*nterface* ke *medical server*. Setelah jaringan WWBAN terkonfigurasi, aplikasi PS memanage jaringan, mengatur *channel sharing* sinkronisasi waktu, *data retrieval and processing*, serta peleburan data. Tier 3 (medical server) mengakses melalui internet. Tier terakhir ini meliputi server lainnya, seperti *commercial health care providers*, dan bahkan *emergency server.*

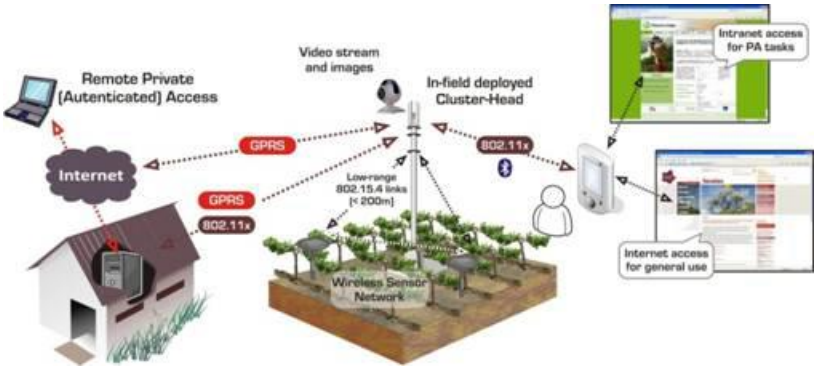
2. Bidang Pertanian dan Lingkungan

Dalam bidang pertanian, pemanfaatan jaringan WSN dapat mempengaruhi hasil panen suatu lahan. Jaringan WSN memudahkan petani untuk memantau keadaan suatu lahan. Dengan memsang 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 lainya 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 menafaatkan 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 2.22**), 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.



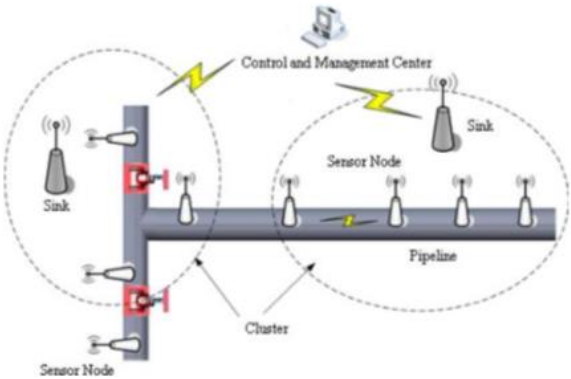
Gambar 2.21 Ilustrasi teknologi WSN sebagai pemantauan gunung berapi.



Gambar 2.22 Ilustrasi teknologi WSN sebagai monitoring keadaan pertanian.

3. 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 mencapa 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 2.23 Ilustrasi jaringan sensor nirkabel dalam *pipeline.*

4. Bidang Umum

Selain bidang-bidang yang telah disebutkan diatas, Jaringan sensor nirkabel juga dapat dimanfaatkan pada bidang lainya. 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 manusai perlu menyalakan lampu secara manual dari saklar. Namun, dengan *smart home*, sensor intensitas cahaya dapat mengetahui keadaan lingkungan, sehinga 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 2.24 Ilustrasi penggunaan WSN sebagai pengendali suhu gedung bertingkat pada *smart city*.

2.8. Raspberry Pi

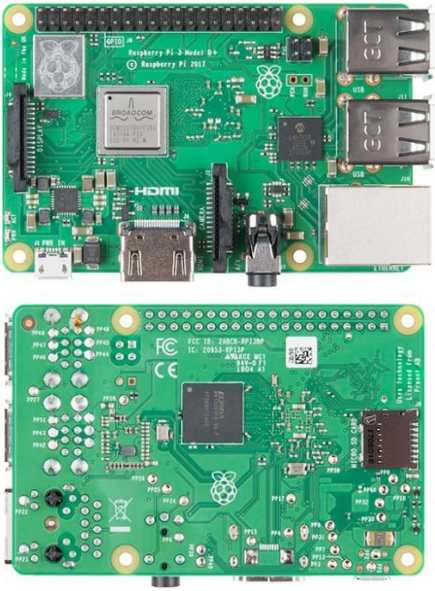
Raspberry Pi adalah sebuah SBC (*single board computer)* yang dikembangkan oleh yayasan nirlaba *Raspberry Pi Foundation* di Inggris. Raspberry Pi memiliki ukuran setara dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi.

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 masal 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 menjalanjan sistem operasi layaknya komputer. Ukuranya 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 lainya. 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.

2.8.1. Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi 3 Model B+ adalah mini komputer versi terbaru yang di keluarkan *Raspberry Pi* sebagai pengembangan dari versi *Raspberry Pi* sebelumnya dan menjadi penerus *Raspberry Pi* 3 Model B yang sudah *release*. Secara design fisik Raspberry Pi 3 Model B dengan Raspberry Pi 3 model B+ sama sehingga untuk case versi Raspberry Pi 3 Model B bisa di pakai. Bentuk fisik *Raspberry Pi* dapat dilihat pada **gambar 2.25.**



Gambar 2.25 *Front Side* dan *back side Raspberry Pi* 3 model

Beberapa kelebihan dan peningkatan Raspberry Pi 3 Model B+ di banding sebelumnya sebagai berikut: [11]

- Raspberry Pi 3 Model B+ menggunakan chipset baru yaitu Broadcom BCM2873B0 Cortex A53 64-bit 1,4GHz, mempunyai kecepatan *Processor* jauh lebih cepat.
- Memiliki kemampuan Jaringan lebih baik dengan Koneksi *Wireless dual band* yang sudah mendukung 802.11ac dan *Bluetooth* 4.2
- *Chipset* pada Raspberry pi 3 Model B+ Memiliki manajemen suhu yang lebih baik
- *Faster Ethernet* (Gigabit Ethernet over USB 2.0)
- *Power-over-Ethernet support* (with *separate* PoE HAT)

Berikut spesifikasi *Raspberry Pi* 3 Model B+ :

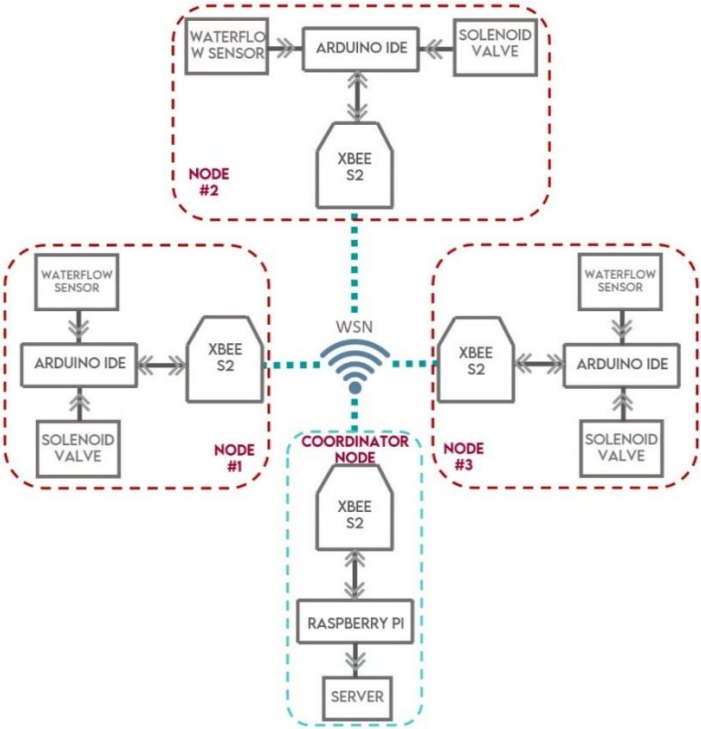
- *Processor*: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- *Memory*: 1GB LPDDR2 SDRAM
- *Power Supply*: 5V/2.5A DC *power input* (*microUSB*)
- *Wireless*: 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac *wireless* LAN, *Bluetooth* 4.2, BLE
- *Ethernet*: Gigabit *Ethernet over* USB 2.0 (*maximum throughput* 300 Mbps)
- GPIOs: *Extended* 40-pin GPIO *header*
- *Video Output*: *Full-size* HDMI
- *Audio Output*: 4-*pole stereo output and composite video port*
- USB *Port*: 4 USB 2.0 *ports*
- CSI *camera port for connecting a* Raspberry Pi *camera*
- DSI *display port for connecting* a Raspberry Pi *touchscreen display*
- Micro SD *port for loading your operating system and storing data*
- *Power-over-Ethernet* (PoE) *support* (*requires separate* PoE HAT)
- *Operating Temperature*: 0~50°C
- *Dimension*: 120mm x 75mm x 34mm
- *Weight*: 75g

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
PERANCANGAN SISTEM

3.1. Pendahuluan

Perancangan sistem pada tugas akhir ini terdiri dari sebuah node yang digunakan untuk mengambil data dari sensor dan sebuah webserver yang digunakan sebagai pengumpul data yang dikirimkan dari node. Perancangan sistem ini menggunakan sistem komunikasi RF (*radio frequency*). Sistem ini menggunakan Xbee seri S2 yang mendukung penggunaan protokol zigbee yang dibuat berdasarkan standard IEEE. Kegunaan dari protokol zigbee adalah memungkinkan terjadinya komunikasi antar node dengan topologi star dimana setiap node dapat berkomunikasi langsung dengan coordinator tanpa harus melalui node-node lainnya terlebih dahulu. Dalam tugas akhir ini perancangan sistem terdiri dari 2 buah node dan 1 buah webserver. Node pertama akan mengambil data dari *waterflow sensor* yang kemudian akan dikirimkan ke node kedua dan kemudian terhubung dalam jaringan *wireless sensor network* lalu data tersebut akan dilanjutkan ke dalam sebuah *database* dari *webserver* yang digunakan untuk mengumpulkan data-data yang telah dikirimkan node. Setelah diterima didalam database *webserver*, admin dapat mengakses dan memonitoringnya serta menambahkan pulsa. Penjelasan lebih detil akan dijelaskan dalam sub-bab berikut.



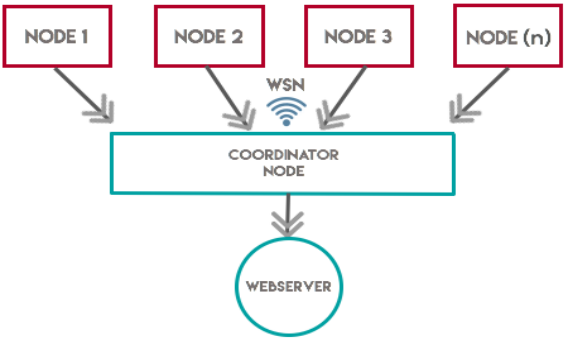
Gambar 3.1 Ilustrasi blok sistem secara keseluruhan

3.2. Cara Kerja Sistem

Dalam perancangan tugas akhir ini digunakan 2 buah node yang dirancang menggunakan mikrokontroller Arduino uno. Mikrokontroler ini berfungsi untuk mengkonversi besaran pulsa yang dikeluarkan oleh *waterflow sensor* ke besaran Liter dan Liter/menit. Data yang telah diproses dan dikonversikan tersebut kemudian akan dikirimkan ke node lainnya dengan menggunakan modul komunikasi Xbee yang akan membentuk jaringan *Wireless Sensor Network* antar node tersebut. Topologi yang digunakan dalam komunikasi ini adalah topologi *star* dimana setiap node dapat berkomunikasi secara langsung dengan kordinator tanpa harus melalui node-node lainnya terlebih dahulu.

3.3. Komunikasi Sistem

Pada sistem ini, komunikasi dilakukan dengan menggunakan Xbee S2 yang terpasang disetiap node. Xbee S2 yang digunakan pada peneltian ini mempunyai daya jangkau 40m *indoor* dan 120m *outdoor*. Dalam pengaplikasian tugas akhir ini, node yang dipasang mencakup dalam daya jangkau yang dimiliki Xbee S2 ini. Node pertama akan mengkomunikasikan data yang telah diperoleh dan diproses dalam mikrokontroller kepada node kedua yang telah terhubung dalam jaringan *wireless sensor network* yang kemudian dari node kedua ini data tersebut akan dikirim kedalam *database* dalam *webserver.*

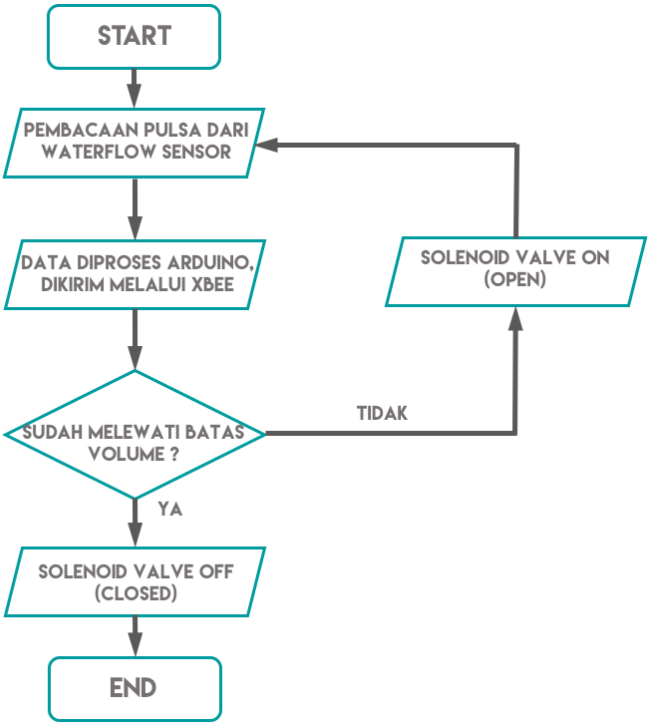


Gambar 3.2 Ilustrasi penerapan jaringan *wireless sensor network* dalam sistem.

3.4. Cara Kerja Node

Node pertama dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino uno sebagai mikrokontroler pengolah data. Arduino akan dipasangi oleh *waterflow sensor* yang akan menghasilkan pulsa-pulsa dimana pulsa tersebut akan diproses oleh arduino sebelum dapat dikomunikasikan oleh Xbee yang terpasang di arduino. *Waterflow sensor* FS300A merupakan sensor yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Sensor ini bekerja dengan menggunakan prinsip *hall-effect*, dimana saat turbin di dalam sensor dilewati oleh air akan terjadi perubahan magnetis pada rotor yang akah menghasilkan pulsa. Pulsa yang dihasilkan oleh sensor tersebut kemduian akan diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah pulsa tersebut dengan cara mengubah jumlah pulsa yang dihasilkan menjadi besaran *flowrate* (L/m) dan Volume (Liter).

Pada node pertama ini, arduino juga dihubungkan dengan *solenoid valve*. *Solenoid valve* ini berfungsi untuk menghentikan arus aliran air yang ada didalam pipa. Langkah awal pemasangan *solenoid valve* ini adalah dengan memprogram di dalam arduino IDE dengan menentukan batas volume air yang akan dikeluarkan. Setelah volume air yang sudah melewati sensor mencapai batas yang telah ditentukan, *solenoid valve* yang telah terpasang di Arduino akan menutup secara sendirinya sehingga menghentikan adanya laju air yang ada di dalam pipa.



Gambar 3.3 Diagram *flowchart* pada node

Node selanjutnya dirancang dengan menggunakan raspberry pi 3 yang telah dipasangi dengan Xbee. Xbee yang terpasang dalam raspi ini telah dikonfigurasikan secara bersamaan sesuai dengan Xbee yang terpasang dalam arduino pada node pertama. Data yang telah diolah dalam mikrokontroler arduino akan terekam lalu kemudian dikirimkan kepada node selanjutnya sebelum akhirnya akan ditampilkan dalam webserver. Data yang dikirim ke dalam *webserver* merupakan data hasil olahan dari pulsa-pulsa listrik yang dihasilkan *waterflow sensor* yang sebelumnya telah diolah di arduino. Untuk mengubah frekuensi pulsa (hz) menjadi volume (L) menggunakan perhitungan seperti dibawah ini:

P = Pulsa (hz)

C = Faktor Kalibrasi

V = Volume Air (L)

T = Waktu (sekon)

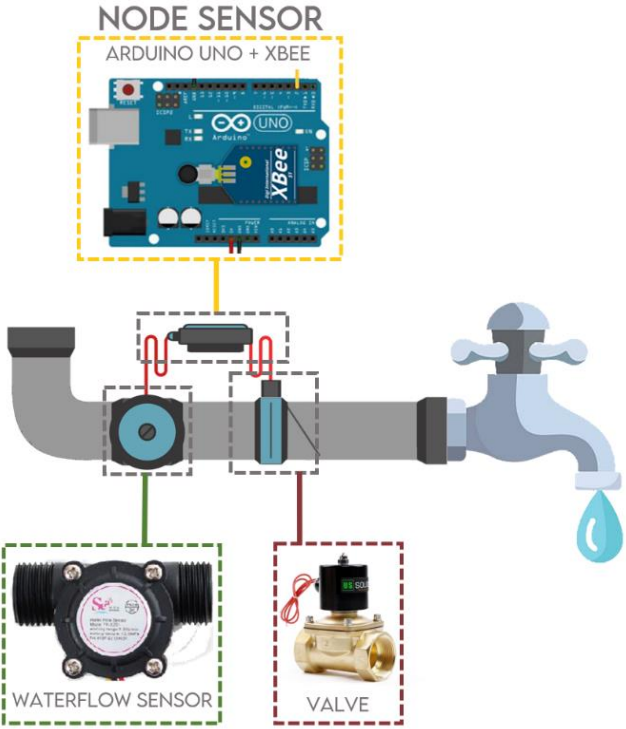
$$P = C \times Q$$

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

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

$$V = \frac{P \times T}{C \times 60}$$

Debit air bisa didapatkan dengan menghitung jumlah pulsa dibagi dengan faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi merupakan variabel yang digunakan untuk mengatur akurasi data yang telah dikeluarkan oleh sensor. Dalam pemasangan sensor di posisi yang berbeda (horizontoal/vertikal) memiliki faktor kalibrasi yang berbeda. Dengan demikian dapat ditemukan besaran volume (L) dari debit air (L/m) dikalikan dengan lama penggunaan. Perhitungan tersebut akan diproses oleh mikrokontroler arduino, kemudian data yang sudah diolah tersebut akan dikirim kedalam jaringan WSN melalui modul Xbee.



Gambar 3.4 Ilustrasi rancangan node sensor.

3.5. Cara Kerja *Webserver*

Webserver pada tugas akhir ini mempunyai peranan sebagai perangkat lunak yang digunakan untuk mengumpulkan data-data yang dikirim oleh node melalui jaringan WSN. Selain mengumpulkan data, *webserver* juga digunakan sebagai *interface* antara jaringan WSN dan operator. Melalui *webserver*, operator dapat mengendalikan *solenoid valve* yang terpasang pada node. *Webserver* dirancang menggunakan mikrokontroler raspberry pi 3. Raspberry pi digunakan sebagai *gateway* pada *webserver* karena kemampuannya yang dapat terkoneksi ke jaringan internet melalui WiFi *dongle*. Sistem operasi yang terdapat dalam raspi adalah sistem operasi raspbian yang memungkinkan adanya interface dan tampilan yang memudahkan penggunaan sistem.

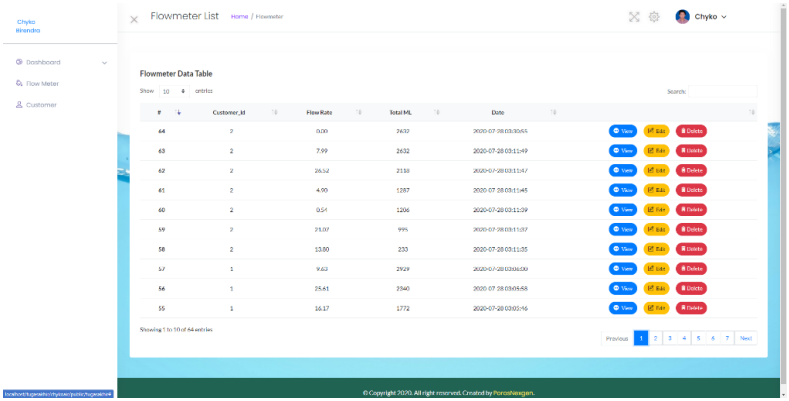
Dalam pengoperasian interface pada sistem raspberry membutuhkan laptop atau bisa juga menggunakan layar display (*monitor*) untuk menampilkan interface raspberry, dan juga mouse serta keyboard sebagai perangkat keras yang berfungsi untuk operator memberikan perintah. Terdapat 2 metode untuk menghubungkan raspberry pi ke jaringan internet, diantaranya adalah menggunakan kabel Ethernet dan Wifi dongle. Pada tugas akhir ini Wifi dongle digunakan untuk kemudahan instalasi dan mobilitas perangkat.

Webserver terhubung dengan jaringan WSN melalui perangkat Xbee S2. Data dari node sensor akan diterima raspberry melalui serial *usb port* yang terhubung ke Xbee menggunakan perangkat *usb* Xbee adapter. Data yang dikirimkan dari node menuju raspberry merupakan data yang telah diolah arduino ke dalam satuan Liter. Data tersebut akan masuk ke tampilan GUI (*Graphical User Interface*) yaitu sistem yang membuat manusia (operator) dapat berinteraksi dengan perangkat komputer.

Pada server terdapat beberapa halaman diantaranya adalah *dashboard*, halaman *flowmeter data table*, halaman daftar pelanggan, dan halaman *customer information*. Halaman *dashboard* merupakan tampilan utama dalam webserver. Halaman ini merupakan halaman *introduction* yang berisikan informasi dari penelitian tugas akhir. ***Gambar* 3.5**:

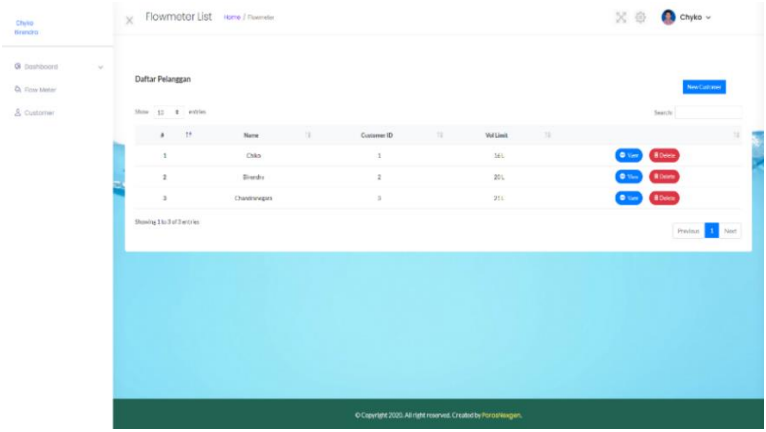
Gambar 3.5 Halaman *dashboard.*

Kemudian halaman selanjutnya terdapat halaman *Flowmeter Data Table*. Halaman ini berisikan kumpulan semua data yang masuk ke dalam *database* dari semua pelanggan. Data-data yang ditampilkan antara lain *customer id*, *flow rate*, *total mL*, dan tanggal. **Gambar 3.6**:



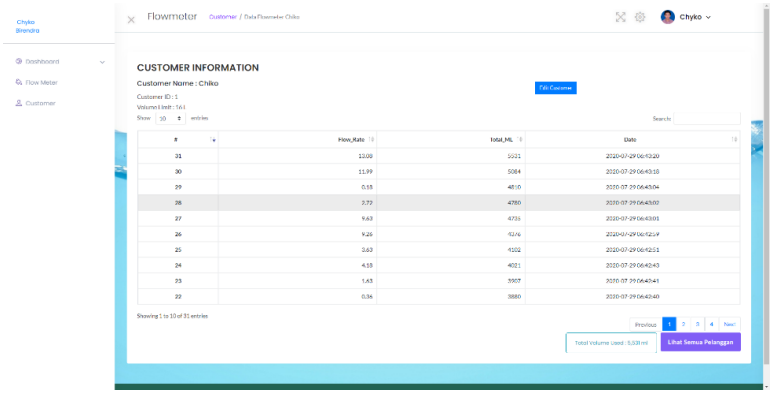
Gambar 3.6 Halaman *Flowmeter Data Table*.

Customer ID merupakan sebuah nomer yang berfungsi untuk membedakan data dari satu pelanggan dengan pelanggan yang lain agar data bisa diidentifikasi sesuai dengan nomer tiap-tiap pelanggan. Selanjutnya ada *flow rate* yang merupakan debit yang dihasilkan oleh sensor, dan total mL akan menampilkan jumlah volume yang sudah terpakai oleh pelanggan. Data-data yang dikirimkan tersebut akan tercatat waktu pemakaiannya pada kolom *Date*. Selanjutnya halaman berikutnya adalah halaman *Customer*. Pada halaman ini terdapat daftar nama-nama pelanggan beserta batas volume tiap masing-masing pelanggan.

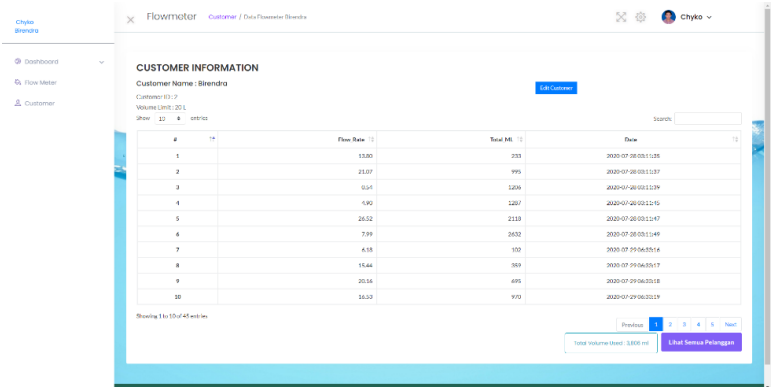


Gambar 3.7 Halaman lihat pelanggan.

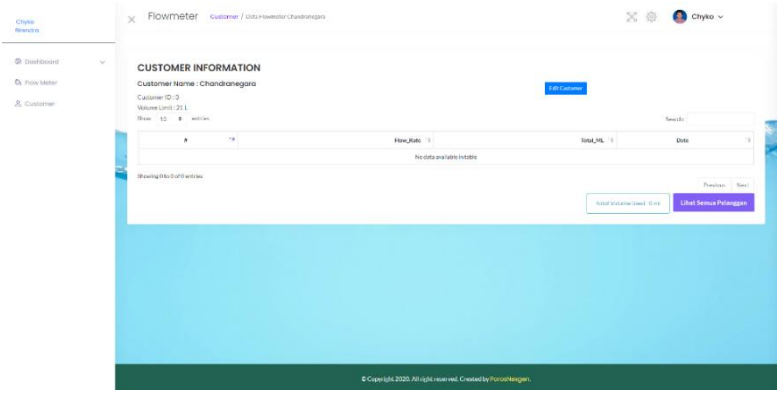
Pada halaman daftar pelanggan kita dapat melihat lebih detail konsumsi penggunaan air yang digunakan oleh pelanggan dengan menekan tombol *view*. Setelah menekan tombol *view* halaman akan berpindah sesuai dengan pelanggan mana yang akan dilihat. Halaman tersebut berisikan informasi pelanggan, *customer id* pelanggan, *volume limit* pelanggan dan data konsumsi air tiap pelanggan yang akan ditunjukkan pada **Gambar 3.8, Gambar 3.9**, dan **Gambar 3.10.**



Gambar 3.8 Halaman *customer information* #1.



Gambar 3.9 Halaman *customer information* #2.



Gambar 3.10 Halaman *customer information* #3

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS

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 uno. Sumber daya yang digunakan untuk menjalankan arduino menggunakan baterai LiPo. Mikrokontroler akan tersambung dengan sensor flow untuk menghitung debit air yang telah terpakai oleh user. Sensor aliran air yang digunakan adalah sensor flow FS300A. Kemudian setelah sensor mendeteksi adanya perubahan pulsa, data tersebut akan dikomunikasikan melalui Xbee S2C. Xbee yang terhubung dengan arduino menggunakan Xbee *Shield*. Pada node ini juga dipasang *solenoid valve* yang berfungsi untuk memutus aliran air dengan cara menutup katup dalam pipa. *Solenoid valve* membutuhkan modul relay sebagai *switch* untuk mengatur buka-tutup katup yang berada di dalam *solenoid valve.* Modul relay akan terhubung dengan aduino agar dapat diprogram.

Gambar 4.1 Realisasi perangkat keras node sensor.

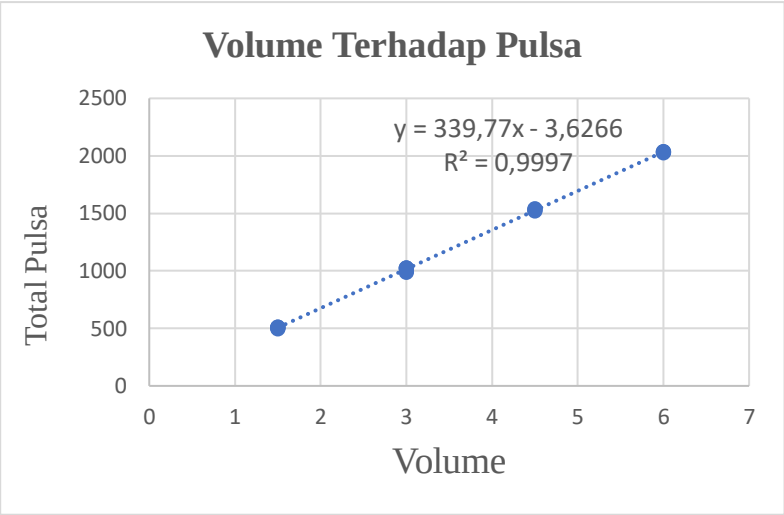
Gambar 4.2 Detail komponen perangkat keras node sensor.

4.1.2. Perangkat Lunak Node Sensor

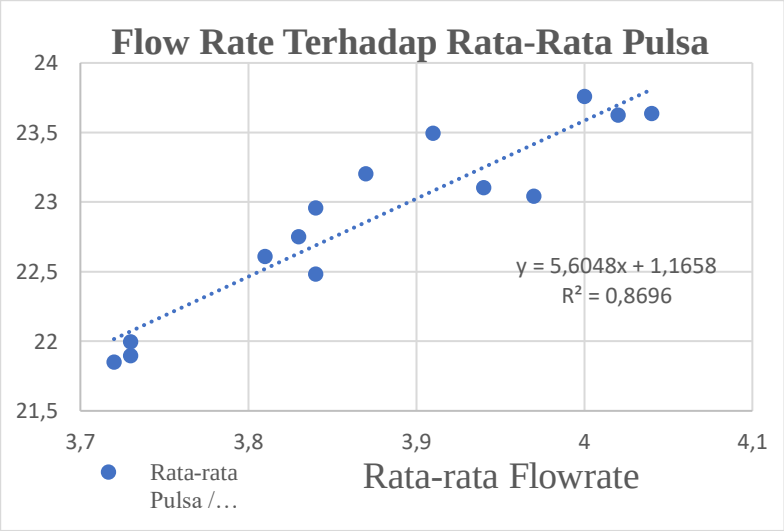
Node sensor dirancang menggunakan perangkat lunak yang dapat terhubung dengan arduino yaitu Arduino IDE. Bahasa pemograman yang digunakan oleh arduino IDE adalah bahasa pemograman C. Tahap awal yang dilakukan oleh perangkat lunak ini adalah mengkonversi pulsa yang dihasilkan pada saat ada aliran yang melalui sensor flow ke dalam besaran Liter. Proses konversi diproses menggunakan program yang dimasukkan ke dalam Arduino IDE. Cara kerjanya adalah dengan menghitung apakah keluaran pulsa yang dihasilkan oleh sensor sudah sesuai dengan volume yang dibaca oleh sensor. Untuk meningkatkan presisi, dilakukan pengukuran jumlah pulsa (hz) terhadap volume (L). Pengukuran dilakukan dengan cara mengaliri air melalui sensor sebanyak beberapa variasi volume dan dengan variasi waktu yang dihitung menggunakan *stopwatch*, sehingga didapatkan rata-rata pulsa per detik terhadap debit air. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pulsa pada sensor aliran air

Volume (L)	Total Pulsa	Waktu (S)	Rata-rata Flowrate (L/min)	Rata-rata Pulsa / detik (hz)	Volume Terdeteksi
1,5	495	21,07	3,91	23,49311818	1485
1,5	510	21,59	4,02	23,62204724	1530
1,5	511	21,62	4,04	23,63552266	1533
1,5	507	21,34	4	23,75820056	1521
3	989	43,08	3,84	22,95728877	2961
3	1020	44,15	3,94	23,10305776	3060
3	1026	44,53	3,97	23,04064675	3078
3	1023	44,09	3,87	23,20254026	3069
4,5	1520	67,61	3,84	22,48188138	4566
4,5	1538	67,61	3,83	22,74811418	4614
4,5	1531	67,72	3,81	22,60779681	4593
6	2026	92,73	3,72	21,84837701	6078
6	2036	93	3,73	21,89247312	6108
6	2036	92,58	3,73	21,99179088	6108



Gambar 4.3 Grafik hubungan volume terhadap pulsa



Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran debit air terhadap pulsa

Berdasarkan gambar 4.4 diatas dapat diketahui bahwa fungsi dari grafik hasil pengukuran adalah y = 5,6048x + 1,1658 sehingga dengan fungsi tersebut dapat diketahui berapa variable yang akan digunakan untuk perhitungan debit air dalam program pada Arduino.

$$y = 5{,}6048x + 1{,}1658$$

$$x = \frac{y - 1{,}1658}{5{,}6048}$$

$$Q = \frac{P - 1{,}1658}{c}$$

C = 5,6048 (faktor kalibrasi)

Q = Debit air (L/m)

P = Pulsa (hz)

Dengan rumus diatas dapat diketahui bahwa faktor kalibrasi adalah 5,6048. Faktor kalibrasi ini akan dimasukkan ke dalam program pada mikrokontroler melalui Arduino IDE. Cara kerjanya dalah 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 debit air dan lama aktifitas sensor untuk menghasilkan besaran mililiter.

```
 if((millis() - oldTime) > 1000)
{
  detachInterrupt(sensorInterrupt);
  flowRate =(float) ((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount) / calibrationFactor;
  oldTime = millis();
  flowMilliLitres = (flowRate / 60) * 1000;
  totalMilliLitres += flowMilliLitres;
```

Setelah mendapatkan debit air pada sensor, dapat dilakukan pengujian volume air untuk mengetahui tingkat ke akuratan sensor dengan melakukan beberapa kali percobaan dan melihat hasil volume yang dihasilkan sensor apakah sesuai dengan hasil volume yang sebenarnya yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2** yang merupakan hasil pengujian sensor sebelum kalibrasi dan **Tabel 4.3** merupakan hasil pengujian sensor flow setelah kalibrasi.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Flow Sebelum Kalibrasi

Volume Terukur (ml) / Volume Terbaca	500	1000	1500	2000	2500	3000
Pengujian1	549	1029	1545	2058	2544	3075
Pengujian2	552	1065	1554	2028	2517	3102
Pengujian3	540	1053	1548	2022	2511	3075
Pengujian4	513	1026	1539	2019	2511	3081
Pengujian5	513	1026	1548	2013	2514	3090

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Flow Setelah Kalibrasi

Volume Terukur (ml) / Volume Terbaca	500	1000	1500	2000	2500	3000
Pengujian1	521	1004	1502	2030	2540	3001
Pengujian2	534	1009	1496	2035	2488	309
Pengujian3	543	1038	1492	2005	2483	3003
Pengujian4	519	999	1504	2037	2556	3000
Pengujian5	516	1035	1507	2026	2506	3008

Data hasil pengukuran dari sensor akan dikirmkan kepada coordinator node yang bertugas untuk mengumpulkan data melalui Xbee yang kemudian akan dilanjutkan kepada webserver. Komunikasi yang digunakan antara Xbee dan Arduino merupakan komunikasi serial. Untuk mengirimkan data yang telah diolah Arduino melalu xbee, digunakan ‘serial print’ yang akan mengirimkan data jika sensor menerima *interrupt*. Data yang dikirim memiliki format yang digunakan oleh webserver untuk mengidentifikasi node pengirim. Format pengiriman data dari node sensor adalah “flowRate, totalMililitres, dan customerId”. CustomerId disini berfungsi untuk memudahkan webserver untuk memasukkan data kepada tiap halaman masing-masing pelanggan yang sesuai dengan customerId yang tertera.

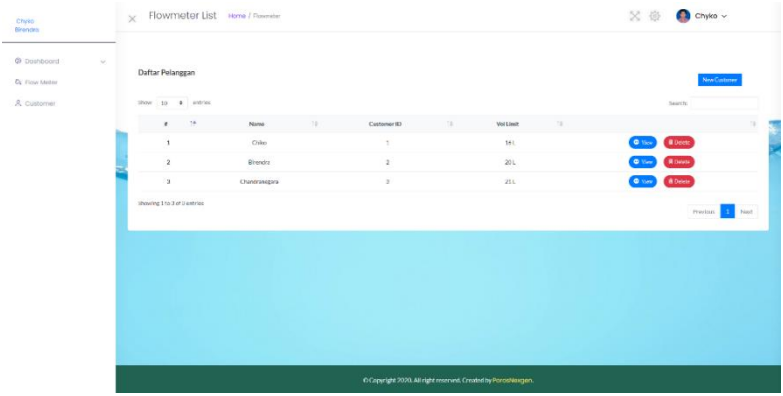
```
Serial.print("Node2|");
Serial.print(float(flowrate));
Serial.print("|");
Serial.print(totalMiliLitres);
Serial.println("|x");
```

4.1.3. Perangkat Keras *Webserver*

Webserver dirancang menggunakan Raspberry Pi 3 model B+ yang berfungsi sebagai prosesor serta gateway untuk masuk ke dalam *server*. Data yang dikirim oleh node sensor akan diterima oleh raspberry pi yang telah terpasang Xbee. Data akan masuk melalui jaringan WSN dimana Xbee yang terpasang pada tiap node berkomunikasi secara serial. *Interface* akan dirancang didalam webserver untuk menampilkan data-data yang telah dikirimkan oleh node sensor. Pada *Graphic User Interface* (GUI) juga terdapat fitur-fitur untuk menambah, menghapus, dan menambahkan pulsa tiap-tiap user. Raspberry pi membutuhkan *display monitor* untuk menampilkan tampilan raspberry pi serta *keyboard dan mouse* untuk mengoperasikan interface pada sistem. Raspi membutuhkan daya dengan menggunakan adaptor dengan tegangan 5V dan arus 3A. *Webserver* dapat diakses oleh admin dengan *localhost* atau dengan cara memasukkan alamat ip yang terdaftar.

4.1.4. Perangkat Lunak *Webserver*

Raspberry Pi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem operasi Raspbian dengan bahasa pemograman python yang terdapat didalamnya. *Interface* pada *webserver* dirancang menggunakan python. Data-data yang dikirimkan dari node sensor akan diterima oleh *webserver* yang kemudian akan disimpan ke dalam database lalu ditampilkan dalam *server*.



Gambar 4.5 Tampilan GUI pada webserver.

Pada *graphic user interface* terdapat tombol *edit* untuk mengubah nama serta batas volume pelanggan.

4.1.5. Otomatisasi Sensor Valve

Selain *sensor flow* yang terdapat dalam sensor node, terdapat juga komponen lain yang mempunyai peranan penting dalam memonitoring konsumsi air yang digunakan. Komponen tersebut adalah *valve* / katup yang mempunyai fungsi untuk membuka ataupun menutup aliran air yang dikeluarkan oleh pipa. *Valve* yang digunakan penulis pada penelitian ini merupakan *valve normally closed*, dimana katup akan terus menutup jika tidak diberikan daya. Pada penelitian ini, *valve* juga akan tersambung dengan Arduino yang dihubungkan oleh modul relay sebagai perantara antara *valve* dengan Arduino sehingga *valve* dapat diatur kapan akan terbuka dan kapan akan menutup secara otomatis karena telah di program dengan menggunakan Arduino IDE.

```
// Set up the status LED line as an output
pinMode(statusLed, OUTPUT);
digitalWrite(statusLed, HIGH);  // We have an active-low LED attached
pinMode(valve,OUTPUT);

pinMode(sensorPin, INPUT);
digitalWrite(sensorPin, HIGH);
digitalWrite(valve,HIGH);
```

Tahap pertama dalam pemasangan *valve* pada sensor node adalah mendefinisikan *valve* di dalam Arduino IDE agar Arduino dapat mendeteksi komponen lain selain sensor flow yang terhubung dengan Arduino. Awalnya valve akan diatur dalam keadaan *high* atau diberikan daya listrik sehingga katup akan tetap terbuka.

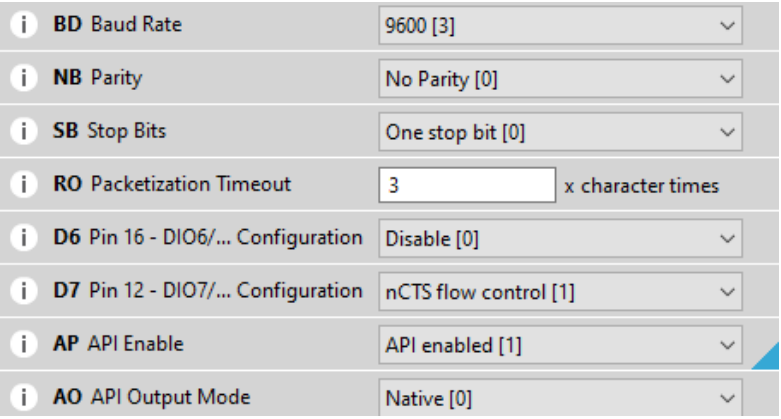
```
if(totalMilliLitres >= 3000 ){//Tresshold valve
  digitalWrite(valve,LOW);
}
```

Selanjutnya *valve* akan diberikan *tresshold* atau batasan dimana pada penelitian ini batasan yang diberikan sebanyak 3000 mililiter atau 3 Liter. Bila air yang melalui *sensor flow* telah melewati batas yang telah ditentukan, Arduino akan memutus daya listrik yang dialiri ke menuju *valve* sehingga *valve* akan kembali dalam keadaan normal yaitu dalam kedaan katup tertutup sehingga laju air akan berhenti. Dan untuk mengulang agar air dapat kembali mengalir dapat dilakukan dengan cara menekan tombol *restart* yang terdapat pada Arduino. Dengan demikian *valve* akan kembali terbuka dan akan mentup lagi setelah air yang mengalir melewati sensor telah mencapai batasan yang telah ditentukan.

4.2. Komunikasi Jaringan

4.2.1. Pengaturan Parameter Jaringan

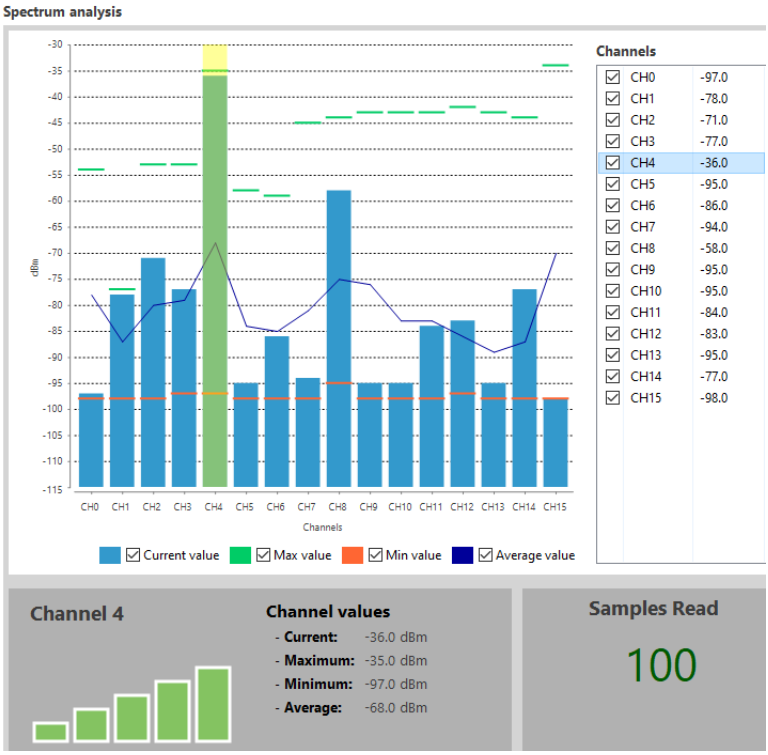
Modul Xbee harus beroperasi dengan parameter yang sama agar setiap node dapat berkomunikasi dan membentuk sebuah jaringan. Setiap modul yang beroperasi dalam jaringan harus diatur dalam *software* Xbee yaitu XCTU dari Digi International agar dapat berkomunikasi dengan baik. Setiap modul harus diatur dengan *baudrate* = 9600, data bit =8, tanpa pairity dan dengan *time out* = 1 agar dapat berkomunikasi antar modul. Pengaturan parameter Xbee ditunjukkan pada **Gambar 4.6.**



Gambar 4.6 Pengaturan parameter Xbee pada XCTU

Didalam software XCTU juga terdapat pengaturan lain yang dibutuhkan sebelum modul Xbee dapat beroperasi. Untuk membentuk jaringan dalam tiap node, modul harus beroperasi pada *Operating Channel* dan *Network ID* yang sama. *Operating Channel* dan *Network ID* akan menentukan kanal mana yang digunakan untuk komunikasi. Terdapat 15 kanal yang tersedia dan dapat digunakan untuk berkomunikasi dalam modul Xbee, dan tentunya setiap kanal memiliki gangguan yang berbeda-beda. Penempatan modul Xbee juga berpengaruh terhadap kualitas komunikasi setiap kanal. Karena pada dasarnya komunikasi Xbee adalah dengan menggunakan *radio frequency*, penggunaan alat elektronik lain seperti *handphone*, radio dan modem dapat mengganggu proses komunikasi Xbee.

Untuk mendapatkan hasil komunikasi yang terbaik, *software* XCTU menyediakan pengaturan *Spectrum Analyzer* untuk mengetahui kanal yang terbaik untuk berkomunikasi. Dengan perangkat tes *Spectrum Analyzer* dapat diketahui besar *noise* pada tiap-tiap kanal. Parameter yang diuji pada tes ini adalah 100 data yang dikirimkan. Dari 100 data yang sudah dikirim tersebut akan dihitung rata-rata noise yang terdapat dalam sebuah kanal.



Gambar 4.7 Hasil tes *spectrum analazyer*

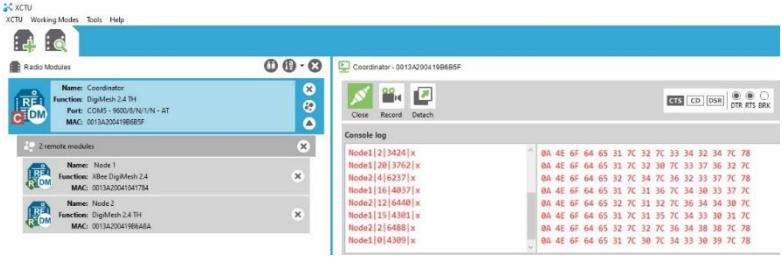
Berdasarkan **Gambar 4.7** diketahui bahwa *channel* 4 merupakan *channel* yang paling baik untuk dipakai dalam berkomunikasi karena memiliki rata-rata noise yang paling rendah dibandingkan dengan kanal-kanal lainnya dengan rata-rata kuat sinyal -68.0 dBm, kuat sinyal terbaik -35.00 dBm dan kekuatan sinyal terburuknya -97.00 dBm.

4.2.2. Proses Pengiriman Data

Pengiriman data dilakukan oleh Xbee yang telah terpasang di Arduino menuju Xbee *webserver*. Data yang dikirim oleh Arduino merupakan data hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh Arduino ketika turbin yang berada di dalam *water flow sensor* berputar. Data yang dirikim Arduino berbentuk data *string*. Untuk mengetahui isi data yang

dikirimkan Arduino dapat digunakan *software* XCTU sebagai penerjemah data yang dikirim node sensor menuju webserver. Xbee *webserver* akan terdeteksi oleh *software* XCTU dan harus membuka jaringannya agar data yang dikirim node sensor dapat diterima oleh *webserver*. Node sensor akan mengirimkan data berupa identifikasi node, *flow rate* dan volume kepada *webserver* yang akan ditampilkan pada halaman monitor XCTU seperti pada **Gambar 4.12.**

Gambar 4.8 *Console Monitor* XCTU



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.

4.2.3. Uji Coba Jangkauan Xbee

Dalam pengoperasian modul Xbee, jangkauan jarak merupakan hal yang penting untuk diperhatikan agar paket data yang dikomunikasikan antar modul dapat dikirim dan diterima secara utuh atau tidak mengalami *loss package*. Uji coba jangkauan Xbee dilakukan untuk mengetahui jangkauan maksimal dari sebuah Xbee. Uji coba jangkauan Xbee dilakukan tanpa menggunakan rangkaian lain, hanya Xbee saja tanpa menggunakan komponen lain. Ujicoba dilakukan dengan jarak yang berbeda pada ruang terbuka *(outdoor)*.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran jangkauan modul Xbee

Jarak (m)	Sinyal		Packets Sent	TX Error	Packets Lost	Packets Received
	Local (dBm)	Remote (dBm)				
0 m	-73	-72	100	0	0	100
3 m	-75	-71	100	0	0	100
6 m	-73	-72	100	0	0	100
9 m	-77	-76	100	0	0	100
12 m	-87	-85	100	0	0	100
15 m	-83	-81	100	2	0	98
18 m	-77	-76	100	0	0	100
21 m	-95	-96	100	38	0	62
24 m	-88	-87	100	2	0	98
27 m	-91	-91	100	14	0	86
30 m	-90	-87	100	0	0	100
33 m	-96	-95	100	35	0	65
36 m	-93	-94	101	51	47	2
39 m	-93	-93	100	14	0	86
42 m	-95	-95	100	51	0	49
45 m	-95	-96	100	67	0	33
48 m	-95	-95	101	37	1	63
51 m	-96	-96	102	66	2	34
54 m	-94	-95	100	73	0	27
57 m	-91	-90	100	30	1	69
60 m	-93	-94	101	32	0	62
63 m	-94	-94	103	39	0	61
66 m	-91	-90	100	0	0	100
69 m	-93	-92	100	0	0	100
72 m	-93	-92	100	0	0	100
75 m	-93	-92	100	2	1	97
78 m	-93	-93	101	7	0	93
81 m	-95	-94	101	68	1	31
84 m	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	100	10	0	0

Berdasarkan data pada **Tabel 4.3** diketahui pada awal pengujian dengan jarak 0 meter sinyal RSSI *local* sebesar -13 dBm dan sinyal RSSI *remote* sebesar -13 dBm dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 100%. Sedangkan pada akhir pengukuran dengan jarak 81 meter, diketahui sinyal RSSI *local* sebesar -95 dBm dan sinyal RSSI *remote* sebesar -94 dBm dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 31%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui jarak jangakauan Xbee S2c dapat mencapai 81 meter. Dengan jarak lebih dari 81 meter, sinyal RSSI local dan sinyal RSSI *remote* akan tidak terbaca sehingga menyebabkan paket data tidak terikirim.

4.3 Uji Coba Komunikasi WSN

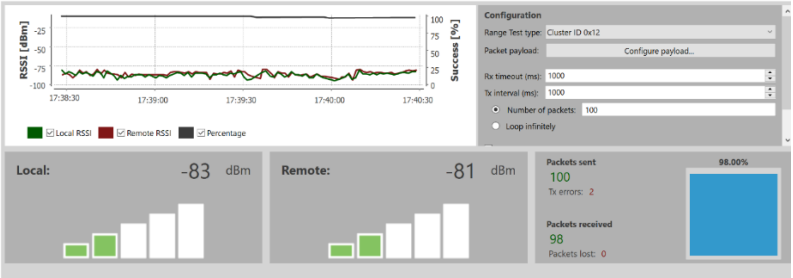
Uji coba komunikasi WSN dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan yang telah dibangun. Parameter yang diukur pada uji komunikasi ini adalah *noise* pada transmisi sinyal dan kecepatan transfer data. Berdasarkan pengujian jangkauan xbee pada tabel 4.3 diketahui jangkauan maksimal dari Xbee S2c adalah 78 meter, namun menimbang tingkat kesuksesan pengiriman data maka dalam pengujian ini setiap node diberi jarak 20 meter. Node 1 akan diposisikan 20 meter dari *software* XCTU dan selanjutnya node 2 akan diposisikan 20 meter dari node 1. Ketiga titik ini diposisikan dalam satu garis lurus (*line of sight*).

4.3.1 Uji Coba Jangkauan Sistem

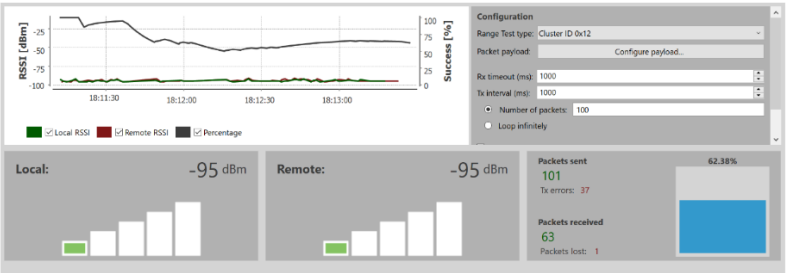
Uji coba jangkauan sistem dilakukan untuk mengetahui kuat sinyal dalam proses pengiriman data. Uji coba dilakukan dengan menempatkan ketiga node dalam satu garis lurus. Koordinator node yang terhubung dengan XCTU *software* berfungsi untuk mengirimkan data sedangkan node 1 dan node 2 adalah penerima data. Hasil pengukuran ditunjukkan pada **tabel 4.4** dan **gambar 4.9** dan **gambar 4.10.**

Tabel 4.4 Hasil pengukuran sinyal dalam jaringan WSN

Pengirim	**Penerima**	**Jarak**	**Sinyal**	
			Local	**Remote**
XCTU	Node 1	20	-83	-81
XCTU	Node 2	40	-95	-95



Gambar 4.9 Hasil uji coba komunikasi node 1



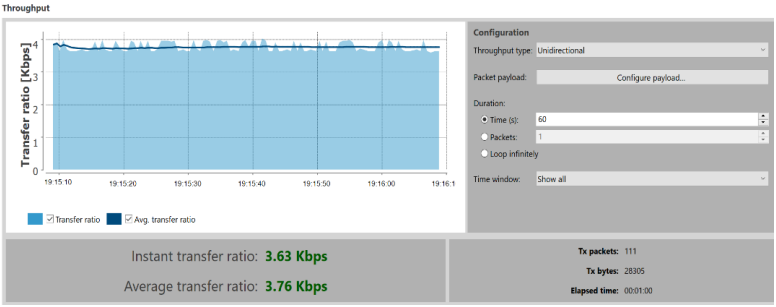
Gambar 4.10 Hasil uji coba komunikasi node 2

4.3.2 Pengukuran Kecepatan Transfer Data

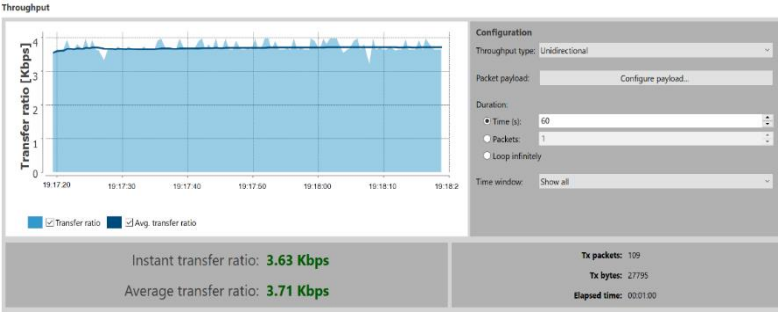
Uji coba pengukuran kecepatan transfer data dilakukan dengan menggunakan *software* XCTU. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan transfer data antar node. Uji coba dilakukan dengan mengirimkan data dari XCTU ke node 1 dan node 2 selama 60 detik. Hasil pengukuran ditunjukkan pada **Tabel 4.4**, **Gambar 4.14**, dan **Gambar 4.19**

Tabel 4.5 Kecepatan transfer jaringan WSN

Tujuan	Jarak	Kecepatan transfer instan	Kecepatan transfer rata-rata
Node 1	20 m	3.63 Kbps	3.76 Kbps
Node 2	40 m	3.63 Kbps	3.71 Kbps



Gambar 4.11 Kecepatan transfer node 1



Gambar 4.12 Kecepatan transfer node 2

Berdasarkan hasil uji coba pengukuran kecepatan transfer diatas, *node* 1 yang berjarak 20m dr XCTU menghasilkan kecepatan transfer instan sebesar 3.63 Kbps dan kecepatan transfer rata-rata sebesar 3.16 Kbps dengan *Tx packets* terikirim sebesar 111. Pada node 2 yang berjarak 40m dr XCTU, menghasilkan kecepatan transfer instan sebesar 3.63 Kbps dan kecepatan transfer rata-rata sebesar 3.71 dengan *Tx packets* terkirim sebesar 109.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Putaran turbin pada *water flow* sensor yang berputar sesuai dengan kecepatan air menghasilkan jumlah pulsa yang dapat dimanfaatkan dengan prinsip *hall effect* dan bisa didapatkan nilainya dengan rumus perhitungan debit air. Jaringan terhubung berbasis topologi *star* dimana setiap *node* terhubung dengan pusat koordinator yang dapat mengkomunikasikan secara mudah kepada tiap node sehingga memudahkan dalam pengelolaan jaringan. Data akan diolah lalu kemudian dilanjutkan dari sensor *node* menuju *coordinator node* yang terdapat dalam raspberry yang dikomunikasikan oleh Xbee S2c. Telah dilakukan pengujian kecepatan transfer node yang mempunyai nilai rata-rata transfer yang tinggi yaitu dengan rata – rata kecepatan transfer 3.7 Kbps dengan kuat sinyal *local* sebesar -87 dBm dan sinyal *remote* sebesar -85 dBm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data dari sensor dapat terkirim dengan baik menuju *webserver* dan dapat diakses secara langsung oleh operator.

5.2. Saran

Untuk pengembangan teori dan kajian dalam percangan **Desain dan Implementasi Sensor Node untuk Perhitungan Konsumsi Air Berbasis Wireless Sensor Network,** maka diberikan saran sebagai berikut:

1. Perancangan perangkat dengan mikrokontroler Arduino uno dan modul Xbee merupakan pemborosan. Karena banyak fungsi dari Arduino yang tidak digunakan dan dapat digantikan oleh mikrokontroler lain contohnya wemos.
2. Penggunaan *solenoid valve* dengan tipe *normally closed* dirasa kurang optimal untuk diaplikasikan pada hunian dibandingkan dengan *solenoid valve* tipe *normally open*. Dikarenakan untuk membiarkan katup terbuka, *valve* harus diberikan daya terus menerus sehingga akan boros dalam pemakaian listrik dibandingkan *solenoid valve* tipe *normally open* dimana daya hanya diberikan pada saat katup menutup.

3. Pemanfaatan raspberry pi sebagai database juga merupakan pemborosan karena raspberry pi mempunyai fitur yang sangat banyak namun hanya dijadikan *database* dan fungsi tersebut dapat digantikan oleh mikrokontroler lain.
4. Sensor *flow* yang digunakan mempunyai kelemahan karena sensor tidak dapat membedakan angin dan air yang melalui kipas pada bagian dalam sensor sehingga rentan terjadi kesalahan pembacaan yang mengkaibatkan tingkat keakuratan pembacaan sensor hanya dapat berlaku jika volume air dalam tandon air diberikan batas minimal pemakaian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Insight SMI 2017 – Kuartal 2* oleh PT Sarana Multi Infrastruktur (Persero). Diakses dari http://www.ptsmi.co.id/wp-content/uploads/2017/07/SMI_Insight_Q2_2017_IND.pdf

[2] *Water Metering* oleh Wikipedia, the free encyclopedia. Diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Water_metering

[3] Forum Diskusi degan Topik: *Prinsip Kerja Meteran Air*. Diakses dari http://www.forumsains.com/instrumentasi-dan-sistem-kontrol/prinsip-kerja-meteran-air/

[4] *Meteran Air* oleh Total Dimensi. Diakses dari https://medium.com/@contact.totaldimensi/meter-air-meteran-air-water-meter-alat-pam-alat-pdam-a02fc09b4757

[5] Pengetahuan Dasar Meter Air oleh adin-meteringsystem. Diakses dari http://adin-meteringsystem.blogspot.com/2011/12/pengetahuan-dasar-meter-air.html

[6] Begini Cara Membaca Meteran Air! oleh Kompas. Diakses dari https://megapolitan.kompas.com/read/2015/02/10/08000041/Begini.Cara.Membaca.Meteran.Air.

[7] Meteran Air – Meteran Air Digital – Electronic Water Flow Meter – Alat PAM oleh Total Dimensi. Diakses dari https://medium.com/@contact.totaldimensi/meter-air-meteran-air-digital-water-meter-alat-pam-7eeaca880e44

[8] Apikasi *Wireless Sensor Network* untuk Pembacaan Meteran Air oleh docplayer.
Diakses dari https://docplayer.info/62716808-Aplikasi-wireless-sensor-network-untuk-pembacaan-meteran-air-nugra-arsyistawa-nrp.html

[9] DIGITEN G3/4" Water Flow Hall Sensor Switch Flow Meter Flowmeter Counter 1-60L/min. Diakses dari

https://www.amazon.com/DIGITEN-Sensor-Switch-Flowmeter-Counter/dp/B00VKAT9VA

[10] Dermanto, Trikueni. *Pengertian dan prinsip kerja solenoid valve.* Diakses dari http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/

[11] Kho, Dickson. *Pengertian Sensor Efek Hall (Hall Effect Sensor) dan Prinsip Kerjanya.* Diakses dari https://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-efek-hall-hall-effect-sensor-prinsip-kerja-efek-hall/

[12] *Definisi Dan Fungsi Sensor Efek Hall*. Diakses dari http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-fungsi-sensor-efek-hall/

[13] Blok Diagram Mikrokontroler oleh hendrikiwin. Diakses dari http://eprints.umm.ac.id/35653/3/jiptummpp-gdl-hendrikwin-47094-3-%5B4%5Dbab-i.pdf

[14] Arduino UNO dan Raspberry pi oleh cindy, iLearning Media. Diakses dari http://kl601.ilearning.me/2015/12/05/arduino-uno-dan-raspberrypi/

[15] "*Xbee/Xbee Pro ZB RF Modules Datasheet*", Digi International Inc, March 2012.

[16] Pengenalan Modul Xbee oleh akbarpens. Diakses dari http://akbarpens.blogspot.com/2018/04/pengenalan-modul-xbee.html

[17] Komunikasi Nirkabel Menggunakan Modul RF X-Bee oleh Politeknik Elektronika Negri Surabaya – PENS. Diakses dari http://prima.lecturer.pens.ac.id/Siskomnir/Modul%201.pdf

[18] *Wireless Sensor Network*, sebuah landscape wsn *slide* 13. Diakses dari https://slideplayer.info/slide/12019771/)

[19] I.F Akyildiz , W. Su , Y.Sannarasuramaniam , E.Cayirci (2002). *Wireless Sensor Networks: a Survey*.

[20] Mengenal Single Board Komputer Raspberry Pi 3 Model B+ oleh Lab Elektronika. Diakses dari http://www.labelektronika.com/2018/06/mengenal-raspberry-pi-3-model-b-plus.html

[21] *Standar Protokol Jaringan Wireless IEEE 802.11*. Diakses dari https://www.nusa.net.id/blog/article/standar-protokol-jaringan-wireless-ieee-802-11/

[22] *Mengenal Single Board Komputer Raspberry Pi 3 Model B+*. Diakses dari http://www.labelektronika.com/2018/06/mengenal-raspberry-pi-3-model-b-plus.html

[23] *Daftar Sistem Operasi untuk Perangkat Raspberry Pi.* Diakses dari https://www.yudana.id/daftar-sistem-operasi-untuk-perangkat-raspberry-pi/

[24] Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. 2015. *Kinerja PDAM 2015*. Jakarta (ID).

[25] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2017. *Ketersediaan Air Tanah di Indonesia*. Diakses dari http://www.bmkg.go.id/iklim/ketersediaan-air-tanah.bmkg

[26] Sriratna, Witsarut and Richi Murayama. 2013. *Application of Hall Effect Sensors: A Study on the Influences of Sensor Placement.*

[27] Arduino. 2016. *Arduino Board UNO.* Diakses dari https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

[28] Dwima anggarini, Indrarini Dyah Irawati, Ratna Mayasari.(2013). *Analisis dan Simulasi Wireless Sensor Network (WSN) untuk Komunikasi Data Menggunakan Protokol Zigbee*

[29] Dermanto, Trikueni. *Pengertian dan prinsip kerja solenoid valve*. Diakses dari http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/

BIOGRAFI PENULIS

Penulis bernama lengkap Chiko Birendra Chandranegara, lahir pada 22 September 1996 di Jakarta. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Rendra Purdiansa dan Artalina Sitepu. Penulis memulai pendidikannya di TK Yayasan Poris Indah kemudian melanjutkan SD pada instansi yang sama pada tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Strada St. Maria 2 dan lulus pada tahun 2011 dan melanjutkan studi di SMAN 2 Tangerang hingga tahun 2014. Selama masa pendidikan sekolah penulis ikut aktif dalam berbagai kegiatan yang bersinggungan dengan olahraga. Ketertarikan penulis dalam dunia teknologi dimulai sejak SMP saat teknologi sudah mulai berkembang di masyarakat luas. Penulis kemudian menempuh pendidikan sarjana ke Departemen Teknik Komputer Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan memilih bidang studi Telematika. Selain tertarik dalam bidang olahraga, masa perkuliahan membuat penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pecinta alam. Penulis menyalurkan ketertarikan dalam bidang olahraga dan alam melalui organisasi pecinta alam tingkat fakultas dan menjadi anggota Divisi Kalpataru Elektro ITS angkatan K-31. Selama menjadi anggota Kalpataru Elektro ITS penulis diberikan tanggung jawab sebagai kepala bidang pecinta alam periode 2016-2017. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Sigma Cipta Caraka yang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang telekomunikasi dan teknologi informasi. Melalui kerja praktik ini, perkembangan kemampuan penulis dalam dunia teknologi dan telekomunikasi semakin bertambah.

(halaman ini sengaja dikosongkan)