

**IMPLEMENTASI *NODE WIRELESS SENSOR NETWORK*  
SEBAGAI SISTEM MONITORING UNSUR KEBAKARAN  
HUTAN**

**SKRIPSI**

**KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar  
Sarjana Komputer



Disusun oleh :

**RIZKY BUDI SETIAWAN**

**NIM. 115060900111007**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
PROGRAM TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**MALANG**

**2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
IMPLEMENTASI *NODE WIRELESS SENSOR NETWORK*  
SEBAGAI SISTEM MONITORING UNSUR KEBAKARAN  
HUTAN**

**SKRIPSI  
KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer



Disusun Oleh :

**RIZKY BUDI SETIAWAN**

**NIM: 115060900111007**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Aswin Suharsono, S.T., M.T.**

**NIK. 84091906110251**

**Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T., M.Eng.**

**NIP. 19820809 201212 1 004**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**IMPLEMENTASI *NODE WIRELESS SENSOR NETWORK***  
**SEBAGAI SISTEM MONITORING UNSUR KEBAKARAN**  
**HUTAN**  
**SKRIPSI**  
**KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER**

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Disusun oleh:

**RIZKY BUDI SETIAWAN**

**NIM. 115060900111007**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 07 Juli 2015

Penguji I

Penguji II

**Agung Setia Budi, S.T., M.T., M.Eng.**

**NIK. 2013048704223001**

**Adharul Muttaqin, S.T., M.T.**

**NIP. 19760121 200501 1 001**

Penguji III

**Eko Setiawan, S.T., M.Eng.**

**NIK. 870610 06 1 1 0256**

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Informatika

**Drs. Marji, M.T.**

**NIP. 19670801 199203 1 001**

## ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).



Malang, 07 Juli 2015

Mahasiswa,

**Rizky Budi Setiawan**

**NIM. 115060900111007**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “ **IMPLEMENTASI *NODE WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI SISTEM MONITORING UNSUR KEBAKARAN HUTAN** ” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

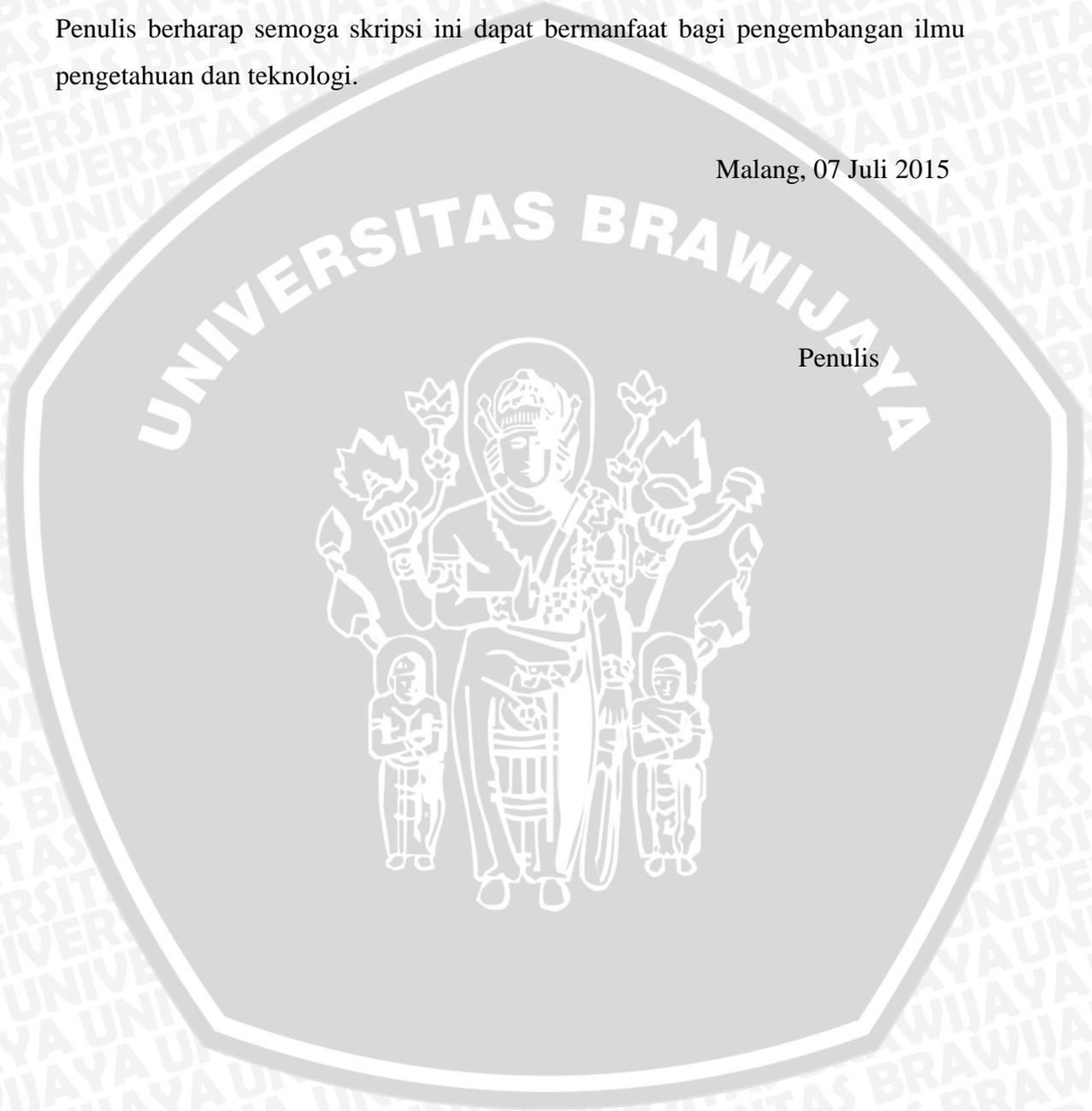
1. Ibu, Bapak dan adik atas segenap do'a, dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan. banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
2. Aswin Suharsono, S.T, M.T dan Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam pengerjaan dan penulisan skripsi ini.
3. Ir. Sutrisno, M.T. selaku Ketua Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer dan selaku dosen penasihat akademik penulis.
4. Adharul Muttaqin ST., MT selaku Ketua Program Studi Sistem Komputer Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
5. Barlian Henryranu, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Sistem Komputer dan Robotika Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
6. Segenap dosen Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segenap ilmu pengetahuan dan perhatian yang diberikan Segenap staff dan pegawai Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segala bantuan yang bersifat administratif.
7. Teman-teman Program Studi Sistem Komputer angkatan 2011 tercinta yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan bantuan pikiran.
8. Teman – teman kabinet pertama Eksekutif Mahasiswa Sistem Komputer yang telah memberikan dukungan serta semangat dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.

9. Serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan pengalaman berharga bagi penulis selama penulis menjalani masa perkuliahan.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, 07 Juli 2015

Penulis



## ABSTRAK

*Wireless* Sensor Network merupakan suatu kesatuan dari proses pengukuran, komputasi, dan komunikasi yang memberikan kemampuan administratif kepada sebuah perangkat untuk melakukan tindakan ketika terjadi sesuatu dalam lingkungan yang mengimplementasikan sistem *wireless*. Pada implementasi dalam hutan sistem WSN ini lebih jauh efisien dibandingkan dengan penggunaan kabel. Dalam implementasinya tidak memungkinkan menggunakan kabel dalam hutan, karena hal itu akan memerlukan banyak kabel dan biaya. Penelitian ini membahas *wireless* sensor network dengan mengimplementasikan *node router* dan *node coordinator* yang merupakan bagian dari *wireless* sensor network. Dalam WSN sensor yang digunakan sebagai input dapat saling berkomunikasi dan kirim mengirim data. Penelitian ini akan membahas penggunaan *xbee* sebagai media komunikasi dan analisis komunikasi data serta *RTT* (*Round Trip Time*). Pada setiap *node* akan dijalankan algoritma FCFS untuk penyelesaian program. Sistem ini akan diimplementasikan untuk memonitoring unsur kebakaran hutan yang dimana nantinya akan diuji dengan beberapa skenario pengujian sistem secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja arduino dengan *xbee* yang dipadukan dengan multiparameter dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 *node* pada Wana Wisata Nggrape Madiun. Penelitian ini menggunakan metode multiparameter sebagai input unsur data pada monitoring hutan dengan menggunakan sensor Gas (MQ 7), sensor Api, Sensor *Temperaturee* dan Kelembaban (DHT 22). Pengujian ini didapatkan hasil pengujian komunikasi paket data dapat dilakukan dengan jarak maksimal 80 meter dalam area hutan dan memiliki RTT sebesar 18.4 ms dengan keberhasilan paket terkirim 100%.

Kata Kunci : Kebakaran, Hutan, WSN, *Wireless* Sensor Network, *xbee*, MQ 7, DHT 22

## ABSTRACT

*Wireless Sensor Network is a unity of measurement, computing, and communications process that provides administrative capability to a device for taking action when there is something in an environment that implements wireless system. WSN system is much more efficient than using a cable for implementation in the forest. Because its impossible to using a cable in the forest, which will require a lot of wires and fees. This research involves wireless sensor network by implementing router node and coordinator node which are part of a wireless sensor network. Sensors that used for as input in the WSN can communicate and able to send data. this research will examines the use of XBee as a medium of communication, data communication analysis, and RTT (Round Trip Time). FSCS algorithm is applied to each node for completion of the program. This system will be implemented to monitoring forest fires element that tested with several testing scenarios for a whole system. The purpose of this research is to determine the arduino and XBee performance that combined using multiple parameters where the testing is done using two nodes in Wana Nggrape Madiun. This research used multiple parameters as data elements input on forest monitoring by using gas sensor (MQ 7), fire sensor, temperatures and humidity sensor (DHT 22). The result of this research is communication of the data packets can be carried out with a maximum distance of 80 meters in the forest area and has the RTT of 18.4 ms with the packages sent has 100% success rate.*

*keyword : forest fire, forest, WSN, Wireless Sensor Network, XBee, MQ 7, DHT 22*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ORISINALITAS SKRIPSI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Mikrokontroler .....	7
2.2.2 Algoritma Penjadwalan.....	15
2.2.3 Modul <i>Wireless</i> Radio Frequency 2,4 GHz .....	17
2.2.4 <i>Xbee Shield</i> .....	20
2.2.5 X-CTU .....	22
2.2.6 Sensor <i>Carbon Monoxide</i> (MQ 7).....	24
2.2.7 Sensor <i>Temperature &amp; Kelembaban</i> (DHT 22).....	26
2.2.8 Sensor Api.....	27
2.2.9 <i>Wireless Sensor Network</i> .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>

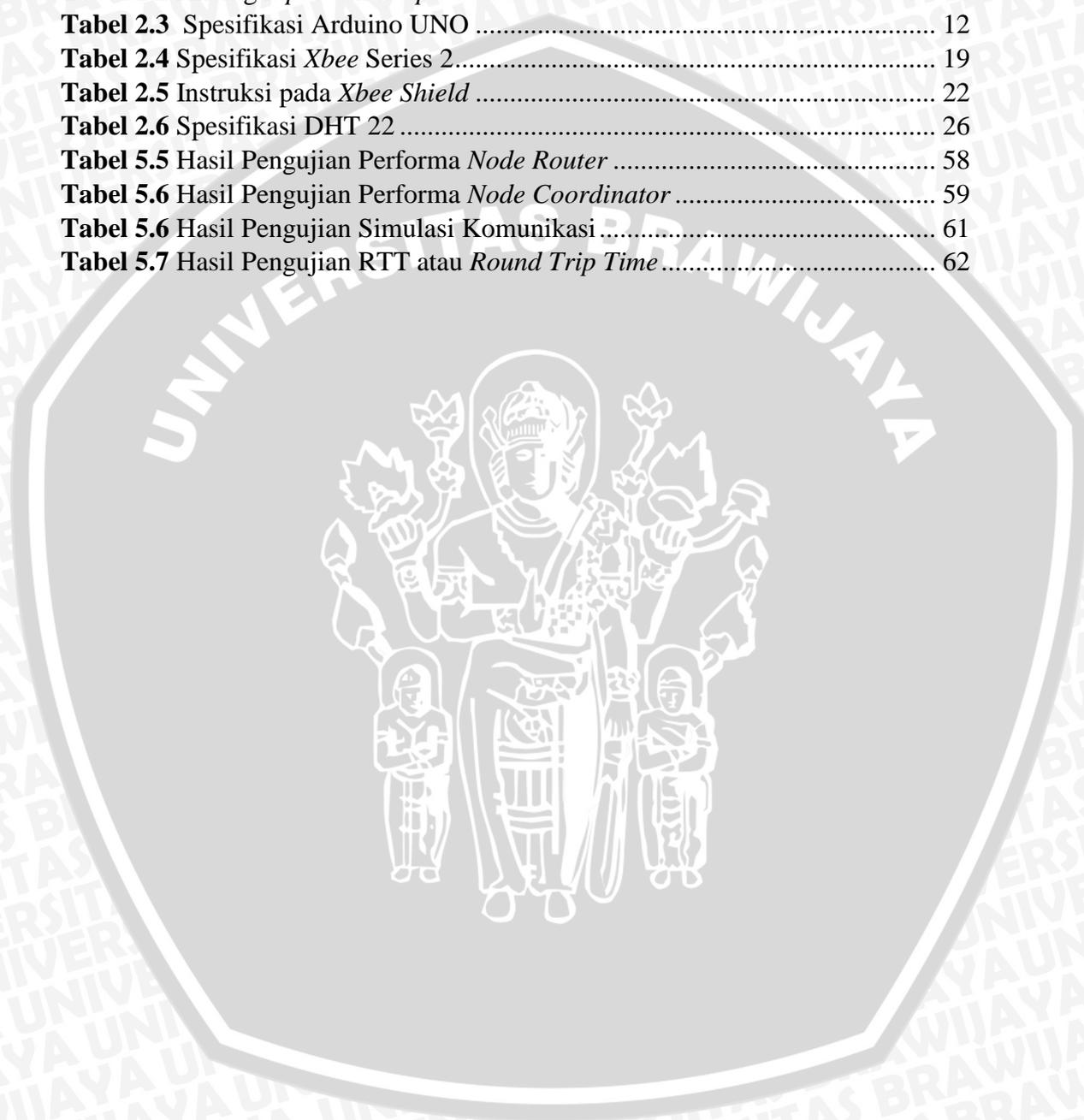
3.1	Metode Penelitian.....	33
3.1.1	Studi Literatur .....	35
3.1.2	Analisis Kebutuhan Sistem .....	35
3.1.3	Perancangan Sistem .....	36
3.1.4	Implementasi .....	37
3.1.5	Pengujian dan Analisis.....	37
3.1.6	Kesimpulan dan Saran.....	38
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....</b>		<b>39</b>
4.1	Perancangan.....	39
4.1.1	Perancangan Sistem .....	39
4.1.2	Perancangan Sensor Gas (MQ 7) .....	41
4.1.3	Perancangan Sensor Api .....	42
4.1.4	Perancangan Sensor <i>Temperature</i> & Kelembaban (DHT 22).....	42
4.1.5	Perancangan Perangkat Arduino .....	42
4.1.6	Perancangan Struktur Data Sensor.....	43
4.1.7	Perancangan Algoritma FCFS .....	43
4.1.8	Perancangan Komunikasi <i>Zigbee</i> .....	47
4.1.9	Perancangan <i>User Interface</i> .....	49
4.2	Implementasi .....	51
4.2.1	Implementasi Sensor Gas .....	51
4.2.2	Implementasi Sensor Api .....	51
4.2.3	Implementasi Sensor <i>Temperature</i> dan Kelembaban .....	52
4.2.4	Implementasi Algoritma FCFS .....	52
4.2.5	Implementasi <i>User interface</i> .....	54
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....</b>		<b>57</b>
5.1	Pengujian Performa <i>Node</i> .....	58
5.1.1	Pengujian Performa <i>Node router</i> .....	58
5.1.2	Pengujian Performa <i>Node Coordinator</i> .....	59
5.2	Pengujian Komunikasi Paket Data dan <i>Round Trip Time (RTT)</i> .....	59
5.3	Pengujian Sistem Keseluruhan.....	63
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>		<b>72</b>
6.1	Kesimpulan.....	72
6.2	Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA ..... 74  
LAMPIRAN ..... 76



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Digital <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Analog <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi Arduino UNO .....	12
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi <i>Xbee</i> Series 2.....	19
<b>Tabel 2.5</b> Instruksi pada <i>Xbee Shield</i> .....	22
<b>Tabel 2.6</b> Spesifikasi DHT 22 .....	26
<b>Tabel 5.5</b> Hasil Pengujian Performa <i>Node Router</i> .....	58
<b>Tabel 5.6</b> Hasil Pengujian Performa <i>Node Coordinator</i> .....	59
<b>Tabel 5.6</b> Hasil Pengujian Simulasi Komunikasi.....	61
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Pengujian RTT atau <i>Round Trip Time</i> .....	62



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> (a) Arduino tampak depan, (b) Arduino tampak belakang .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Tampilan IDE Arduino .....	10
Pada arduino terdapat dua fungsi utama pada program yaitu : .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Detail Arduino UNO .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Bagian Arduino UNO <i>Board</i> .....	13
<b>Gambar 2.5</b> Proses Urutan Kedatangan Bersamaan pada 0 ms .....	16
<b>Gambar 2.6</b> <i>Gantt Chart</i> proses Kedatangan Bersamaan pada 0 ms .....	16
<b>Gambar 2.7</b> <i>Gantt Chart</i> ketika Proses Kedatangan Bersamaan pada 0 ms dibalik .....	17
<b>Gambar 2.8</b> (a) <i>Xbee S2</i> tampak depan, (b) <i>Xbee S2</i> tampak belakang .....	18
<b>Gambar 2.9</b> Pin <i>Xbee S2</i> .....	18
<b>Gambar 2.10</b> (a) <i>Shield</i> tampak depan, (b) <i>Shield</i> tampak belakang .....	20
<b>Gambar 2.11</b> Pin Out <i>Xbee Shield</i> .....	21
<b>Gambar 2.12</b> Tampilan IDE XCTU .....	23
<b>Gambar 2.13</b> (a) MQ 7 dengan modul, (b) MQ 7 tanpa modul .....	25
<b>Gambar 2.14</b> Struktur dan Spesifik MQ 7 .....	25
<b>Gambar 2.15</b> DHT 22 .....	26
<b>Gambar 2.16</b> Sensor Api .....	28
<b>Gambar 2.17</b> Garfik Sesitivitas Sensor Api .....	28
<b>Gambar 2.18</b> Proses Sistem <i>Sensing</i> .....	30
<b>Gambar 2.19</b> Skema berbagai implementasi <i>WSN</i> .....	30
<b>Gambar 2.20</b> <i>WSN</i> Kategori 1: <i>multipoint-to-point</i> , sistem multihop dengan routing dinamis .....	31
<b>Gambar 2.21</b> <i>WSN</i> Kategori2: <i>point-to-point</i> , sistem single hop dengan routing statis .....	32
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> Metode Penelitian .....	34
<b>Gambar 3.2</b> <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem .....	36
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Alir Keseluruhan Sistem .....	40
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Alir Sensor .....	41
<b>Gambar 4.3</b> Perancangan Perangkat Arduino .....	43
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Alir Algoritma FCFS .....	44
<b>Gambar 4.6</b> Fungsi Sensor Bagian 1 .....	46
<b>Gambar 4.7</b> Fungsi Sensor Bagian 2 .....	46
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Alir <i>Xbee</i> .....	47
<b>Gambar 4.9</b> Konfigurasi XCTU AT mode .....	48
<b>Gambar 4.10</b> Desain Tampilan <i>User Interface</i> .....	49
<b>Gambar 4.11</b> Tampilan Fisik (a) <i>Coordinator</i> dan (b) <i>Router</i> .....	51
<b>Gambar 4.12</b> <i>Source Code</i> Array dan Pengiriman Data .....	53
<b>Gambar 4.13</b> <i>Source Code</i> Penerimaan Data .....	53

**Gambar 4.14** Hasil Implementasi Algoritma *FCFS COM 7* Pengirim dan *COM 5* Penerima..... 54

**Gambar 4.15** Tampilan Sistem Infomasi..... 55

**Gambar 4.16** Index *User interface* ..... 56

**Gambar 5.10** Proses Pengiriman Data..... 60

**Gambar 5.11** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 06:01 wib..... 64

**Gambar 5.12** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 13:03 wib..... 65

**Gambar 5.13** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 17:10 wib..... 65

**Gambar 5.14** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 05:20 wib ..... 66

**Gambar 5.16** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 12:15 wib ..... 67

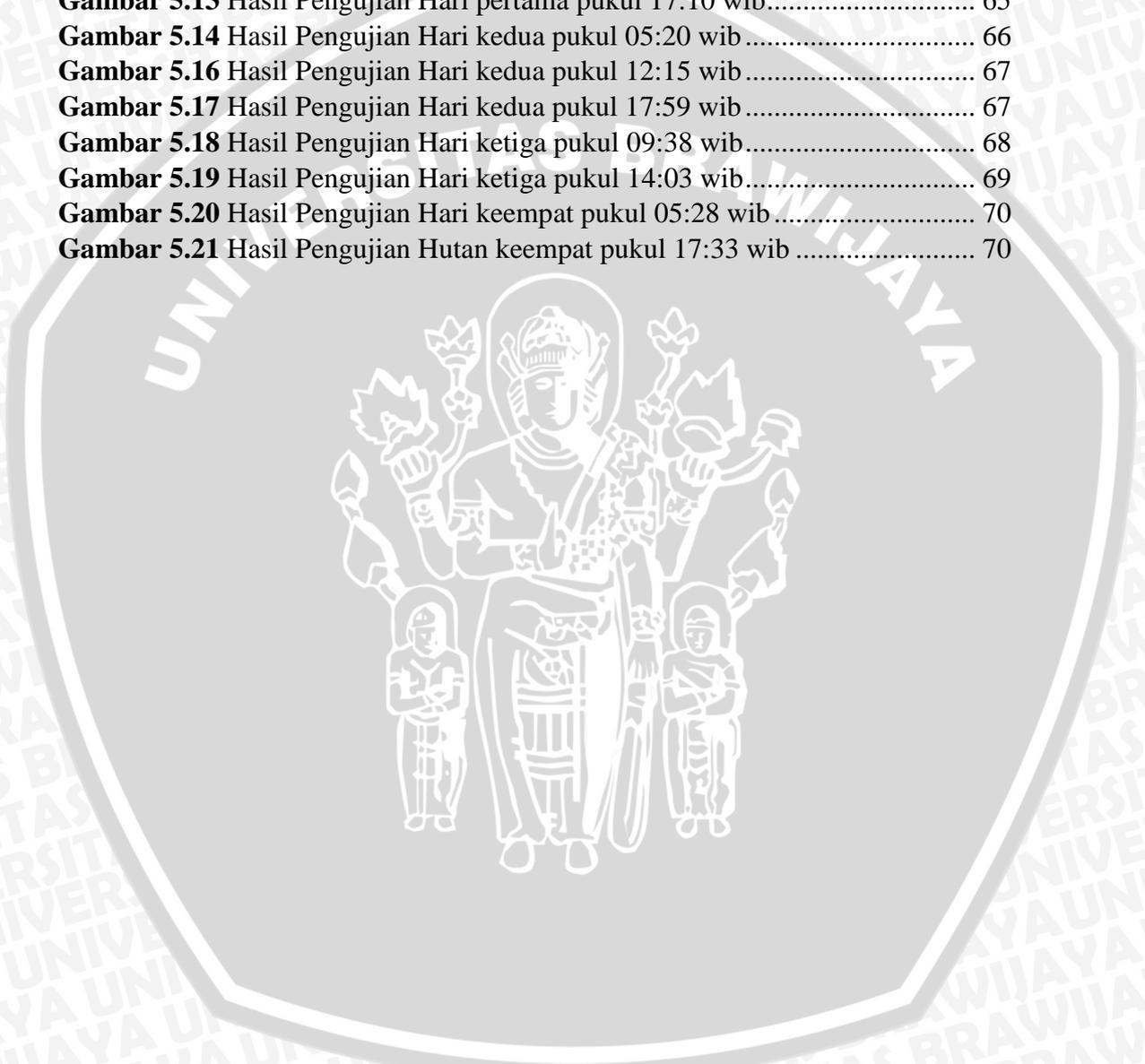
**Gambar 5.17** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 17:59 wib ..... 67

**Gambar 5.18** Hasil Pengujian Hari ketiga pukul 09:38 wib..... 68

**Gambar 5.19** Hasil Pengujian Hari ketiga pukul 14:03 wib..... 69

**Gambar 5.20** Hasil Pengujian Hari keempat pukul 05:28 wib ..... 70

**Gambar 5.21** Hasil Pengujian Hutan keempat pukul 17:33 wib ..... 70



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data Hasil Pengujian <i>Node Router</i> .....	76
<b>Lampiran 2</b> Data Hasil Pengujian <i>Node Coordinator</i> .....	83
<b>Lampiran 3</b> Data Hasil Pengujian <i>RTT (Round Trip Time)</i> .....	91



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang sangat berlimpah. Salah satu kekayaan yang dimiliki Indonesia yaitu hutan yang teahmpar luas. Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam komunitas alam lingkungannya yang tidak dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya (Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2013). Hutan Indonesia sendiri terbagi atas beberapa jenis menurut iklimnya yaitu hutan hujan tropis, hutan musim, sabana, stepa dan hutan bakau (*mangrove*), sedangkan jenis hutan menurut fungsinya sendiri yaitu hutan konversi, hutan lindung dan hutan produksi. Hutan merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan bermanfaat untuk kehidupan makhluk hidup. Manfaat dari hutan secara langsung seperti halnya ketersediaan oksigen di dunia yang sebagian besar berasal dari hutan, hingga hutan memiliki julukan paru – paru dunia. Secara tidak langsung hutan memiliki manfaat sebagai penyerapan karbon serta tempat proses fotosintesis.

Kerusakan hutan, kebakaran hutan, penebangan liar hutan merupakan beberapa faktor yang secara langsung menyebabkan manfaat dari hutan itu sendiri berkurang. Dewasa ini muncul masalah yang serius yang di hadapi masyarakat Indonesia yaitu kebakaran hutan. Kebakaran hutan merupakan masalah serius yang menjadi perhatian masyarakat, pemerintah Indonesia dan dunia. Beberapa unsur yang menyebabkan kebakaran hutan yaitu api, suhu lingkungan yang tinggi, daerah yang kering dll. Kebakaran hutan merupakan masalah serius yang menjadi perhatian masyarakat, pemerintah Indonesia dan dunia. Terlebih lagi Indonesia pada tahun 2011 menduduki peringkat ke dua di ASEAN sebagai negara tertinggi terjadi kebakaran hutan (Setyawan, 2013). Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya kebakaran hutan di Indoensia mulai dari faktor alam hingga faktor manusiaa itu sendiri. Faktor alam seperti banyaknya sebaran titik panas (*hotspot*) dan musim kemarau yang panjang,

sedangkan karena faktor tangan manusia seperti pembakaran hutan untuk pembersihan lahan pertanian (Glover & Jessup, 2002). Salah satu tindakan pemerintah dan BNPB akan kejadian ini yaitu melakukan pemadaman dari udara dengan menggunakan *US-1A Water Bomber* dan Teknologi Manipulasi Cuaca (TMC) (Bahri, 2002). Pemerintah juga tak henti – hentinya mempublikasikan himbauan hingga sanksi hukuman bagi perusak hutan di Indonesia.

Mengingat manfaat dari hutan yang begitu vital bagi kehidupan makhluk hidup maka upaya perlindungan hutan perlu dilakukan. Salah satu hal yang pasti mengganggu fungsi hutan yaitu kebakaran hutan. Mengenai problema tersebut perlindungan hutan akan terjadinya kebakaran sangatlah perlu. Dari permasalahan kebakaran hutan tersebut dapat mengimplementasikan teknologi sebagai salah satu solusi pencegahan dari kebakaran. Perkembangan teknologi pada saat ini sangat pesat. Dalam perkembangan teknologi terdapat sebuah teknologi komunikasi tanpa kabel yang dimana dapat membantu memecahkan masalah yang ada. *Wireless Sensor Network (WSN)* merupakan suatu teknologi yang memiliki sistem dengan melakukan proses *sensing*, komputasi dan komunikasi yang dapat mengukur, mengobservasi dan memberikan reaksi terhadap kejadian pada lingkungan tertentu (Sohraby & Minoli, 2007). Dengan *Wireless Sensor Network (WSN)* ini monitoring dapat dilakukan dengan perpaduan antara teknologi *wireless* dan sensor sebagai acuan indikator dengan data rate rendah (low data rate), biaya murah (low cost) serta protokol jaringan tanpa kabel (Widiasrini & Ferawati, 2005). Dengan teknologi ini kita juga dapat memonitoring suatu tempat serta mengidentifikasi tanda – tanda adanya suatu kebakaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, maka dapat di rumuskan permasalahan pada skripsi yaitu seperti berikut:

1. Bagaimana merancang *prototype* sistem monitoring unsur kebakaran hutan dengan *Wireless Sensor Network (WSN)*.
2. Bagaimana sistem ini dapat monitoring unsur kebakaran hutan dengan multiparameter ( gas, api, *temperature* dan kelembapan) yang ada.
3. Bagaimana menguji performa komunikasi dari implemtasi xbee dengan arduino.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang telah dirumuskan dapat lebih fokus, maka skripsi ini dibatasi dalam lingkup beberapa hal yaitu sebagai berikut:

1. Pembahasan system monitoring unsur kebakaran hutan fokus pada penerapan multiparameter.
2. Implementasi menggunakan *node router* dan *node coordinator*
3. Pengujian kehandalan sistem monitoring unsur kebakaran hutan dengan menggunakan *prototype*.
4. Sistem ini tidak untuk menguji *reliability* sensor.

## 1.4 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini yaitu untuk merancang sebuah sistem monitoring unsur kebakaran hutan yang dapat berkomunikasi dengan menggunakan *Wireless Sensor Network (WSN)* berperangkat *xbee* serta dapat diuji kehandalan sistem melalui sebuah simulasi dengan *prototype*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari sistem ini yaitu dapat mendeteksi kemungkinan terjadinya kebakaran hutan secara dini, dengan adanya hal tersebut maka pihak-pihak terkait dapat mengambil tindakan lebih cepat dan efisien dalam mengantisipasi atau menanggulangi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan skripsi ini sebagai berikut :

- |                |                                     |   |
|----------------|-------------------------------------|---|
| <b>BAB I</b>   | <b>Pendahuluan</b>                  | Membuat latar belakang, rumusan masalah,, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.  |
| <b>BAB II</b>  | <b>Tinjauan Pustaka</b>             | Menguraikan tentang kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan skripsi.   |
| <b>BAB III</b> | <b>Metodologi Penelitian</b>        | Menjabarkan analisis kebutuhan dan metode yang digunakan dalam pengerjaan skripsi.  |
| <b>BAB IV</b>  | <b>Perancangan dan Implementasi</b> | Membahas dan perancangan sistem dan implentasi sistem hingga menjadi dalam satu sistem yang utuh  |
| <b>BAB V</b>   | <b>Pengujian dan Analisis</b>       | Menjabarkan tentang proses dari awal hingga hasil pengujian yang telah dilakukan, sehingga sistem secara keseluruhan dapat diimplementasikan. |

## BAB VI Penutup

Memuat sebuah kesimpulan dari apa yang telah didapat dari pembuatan serta pengujian sistem dan saran – saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang akan menjabarkan kajian pustaka dan dasar teori yang diperlukan untuk penelitian. Kajian pustaka sendiri yaitu mengulas tentang penelitian sejenis yang telah ada serta yang akan diusulkan. Dasar teori akan mengulas tentang semua teori yang diperlukan untuk menyusun penelitian yang nantinya akan diusulkan.

Kajian pustaka yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari sebuah jurnal internasional yang berjudul “*Wireless Sensor Network for Prototype of Fire Detection*”. Teori dasar yang akan ditulis dalam bab ini yaitu konsep – konsep mengenai *Wireless Sensor Network*, Mikrokontroler, Teknologi Sensor dan Multi-Parameter.

#### 2.1 Kajian Pustaka

Sebuah jurnal internasional yang berjudul “*Wireless Sensor Network for Prototype of Fire Detection*” oleh Raditya Budi Nugroho pada tahun 2014, berisikan tentang bagaimana sebuah sistem dapat mengenali api dengan sensor serta mengirimkan data yang didapat dengan komunikasi *Wireless Sensor Network* (Nugroho, Susanto, & Sunarya, 2014). Dalam jurnal tersebut mengkaji mengenai penerapan beberapa sensor yang dapat mengenali sebuah api serta mengulas tentang komunikasi antara *node* dengan menggunakan *Wireless Sensor Network* dengan mikrokontroler berupa ATMega8535.

Sumber jurnal lainnya yang berjudul “*Multiparameter Fire Detection Based on Wireless Sensor Network*” oleh Liu Shixing dan Tu Defeng pada tahun 2009. Pada jurnal tersebut membahas tentang bagaimana sebuah sistem monitoring unsur kebakaran menggunakan beberapa *input* sebagai parameter atau disebut *Multiparameter*. Pada sistem menggunakan jaringan nirkabel serta *routing protocol multi-hop*. Dalam sistem tersebut dapat menentukan jenis karakteristik api untuk menentukan kejadian kebakaran (Shixing & Defeng, 2009).

Pada penelitian yang dilakukan akan membahas mengenai pendeteksi kebakaran dengan memanfaatkan sensor dengan multi-parameter yang nantinya juga dapat memonitoring kondisi sebuah hutan. Terdapat beberapa perbedaan antara kajian pustaka yang digunakan dengan penelitian yang dilakukan. Perbedaan pertama pada sistem monitoring unsur kebakaran ini pengimplementasiannya akan menggunakan arduino UNO sebagai mikrokontrolernya. Perbedaan kedua penelitian ini akan dapat digunakan untuk memonitoring kondisi hutan tersebut dalam kondisi tertentu. Perbedaan ketiga sistem yang akan diimplemetasikan menggunakan multi-parameter sebagai nilai *input* yang nantinya akan menentukan kondisi *output*.

## 2.2 Dasar Teori

Pada dasar teori ini akan membahas tentang dasar-dasar penulis dalam membuat sistem. Dasar teori yang digunakan oleh penulis antara lain: Mikrokontroler, Algoritma, *Xbee*, XCTU dan Sensor.

### 2.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruhnya atau sebagian besar elementya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut yaitu:

- a. Pemrosesan (*processor*)
- b. Memori
- c. *Input* dan *Output*

Pada *chip* tersebut dapat ditanamkan sebuah program yang nantinya difungsikan agar rangkaian terhubung dapat membaca *input*, memproses *input* lantas menghasilkan sebuah *output* dari sistem yang dikehendaki. Secara teknis terdapat 2 mikrokontroler yaitu RISC dan CICS yang masing – masing memiliki keturunan sendiri (Putra, 2002). RICS atau *Reduced Instruction Set Computer* : instruksi terbatas namun memiliki fasilitas yang lebih banyak dibandingkan CICS. CICS atau *Complex Instruction Set Computer* : instruksi bisa dikatakan lebih

lengkap namun fasilitas yang dimiliki masih dibawah RISC. Dalam bahasa pemrogramannya setiap individu berbeda kebiasaan, apabila terbiasa menggunakan bahasa pemrograman BASIC maka dapat menggunakan mikrokontroler *BASIC Stamp* namun apabila lebih terbiasa menggunakan bahasa pemrograman *JAVA* maka dapat menggunakan *Jstamp*, jika terbiasa menggunakan bahasa pemrograman bahasa C++ dapat menggunakan jenis MCS51 dan masih banyak lagi.

Mikrokontroler sendiri memiliki alamat tersendiri yang disebut dengan memori. Memori yang dimiliki sebuah mikrokontroler memiliki dua bagian yaitu bagian memori program dan memori penyimpanan data yang dimana kedua memori ini memiliki letak yang terpisah. Mikrokontroler memungkinkan diakses data memori dan pengalamatannya, yang dimana nantinya dapat secara langsung disimpan serta dimanipulasi oleh mikrokontroler dengan kapasitas akses 8bit. Program dalam memori tersebut hanya dapat dibaca atau dalam jenis ROM/EPROM, namun dalam data memori dapat menggunakan memori eksternal atau biasa disebut RAM. Pada penelitian ini akan menggunakan Arduino sebagai mikrokontrolernya yang dimana chip mikrokontroler yang digunakan pada arduino yaitu berjenis AVR

Arduino merupakan sebuah *platform open-source* dari *physical computing* yang berdasarkan *input/output (I/O)* (Badamasi, 2014). Arduino dapat digunakan sebagai pengembangan objek interaktif mandiri yang dapat dihubungkan ke perangkat komputer pribadi. Arduino ini sendiri memiliki fungsi sebagai pengirim maupun penerima informasi ke berbagai perangkat dan bahkan melalui media internet. Arduino terdiri dari dua bagian utama :

1. *Arduino Board*

*Arduino board* merupakan bagian dari perangkat keras. *Arduino board* ini akan digunakan ketika akan membangun sebuah objek yang diinginkan.

## 2. Arduino IDE

Arduino IDE atau *Integrated Development Environment* merupakan sebuah bagian dari perangkat lunak yang berjalan pada komputer. IDE akan digunakan untuk membuat sebuah sketsa program yang nantinya akan diupload ke Arduino *board*



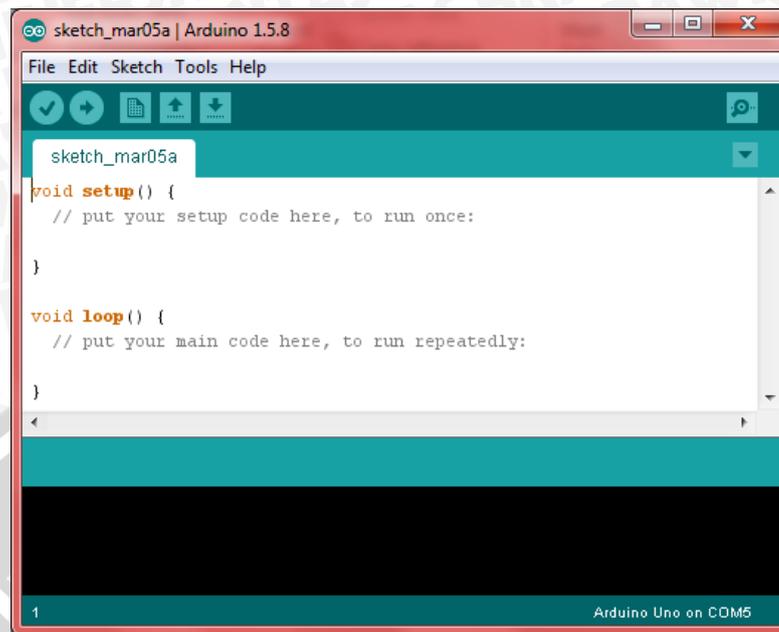
**Gambar 2.1** (a) Arduino tampak depan, (b) Arduino tampak belakang

Sumber : (Katia, 2015)

Ketika meng-*compile* program yang telah kita buat, akan terjadi proses penerjemahan ke dalam bahasa C dan akan diteruskan ke compiler *avr-gcc*. *Software* dari arduino ini dapat diinstall pada beberapa sistem operasi seperti windows, linux dan Mac OS.

Dapat dilihat pada gambar 2.2 terdapat beberapa fitur, namun pada IDE terdapat 3 fitur utama yaitu :

- *Editor program*, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino.



**Gambar 2.2** Tampilan IDE Arduino

Pada arduino terdapat dua fungsi utama pada program yaitu :

1. *Void setup ()*

Program pada *void setup* akan dipanggil ketika program dijalankan pertama kalinya. Dalam *void setup* digunakan untuk inisialisasi variabel, pin mode, memulai penggunaan *libraries* dan lain-lain. Fungsi akan berjalan satu kali saat program dimulai ataupun setelah *reset*.

2. *Void loop ()*

Program pada *void loop* akan di eksekusi secara berulang-ulang selama arduino dalam kondisi menyala. Dalam *void loop* akan menentukan perilaku utama sebuah sistem atau *device* tersebut.

Pada bahasa pemrograman arduino terdapat beberapa fungsi *Input* dan *Output* yang dimiliki. Fungsi *Input* dan *Output* pada arduino terbagi menjadi 2 yaitu Analog dan Digital.

**Tabel 2.1** Digital *Input* dan *Output*

Fungsi	Syntax	Parameter	Return
pinMode	pinMode (pin,mode)	- Nomor pin - Mode ( <i>Input</i> / <i>Output</i> )	-
<i>DigitalWrite</i>	<i>digitalWrite</i> (pin, <i>value</i> )	- Nomor pin - <i>Value</i> ( <i>HIGH</i> / <i>LOW</i> )	-
<i>DigitalRead</i>	<i>digitalRead</i> (pin)	- Nomor pin	<i>HIGH</i> / <i>LOW</i>

Sumber : (Katia, 2015)

**Tabel 2.2** Analog *Input* dan *Output*

Fungsi	Syntax	Parameter	Return
<i>AnalogReference</i>	<i>analogReference</i> ( <i>type</i> )	- tipe	-
AnalogRead	analogRead(pin)	- nomor pin	0 – 1023
<i>AnalogWrite</i>	<i>analogWrite</i> (pin, <i>value</i> )	- nomor pin - <i>value</i> ( antara 0 -255 )	-

Sumber : (Katia, 2015)

Pada penelitian ini akan menggunakan Arduino jenis Arduino UNO sebagai mikrokontroler.

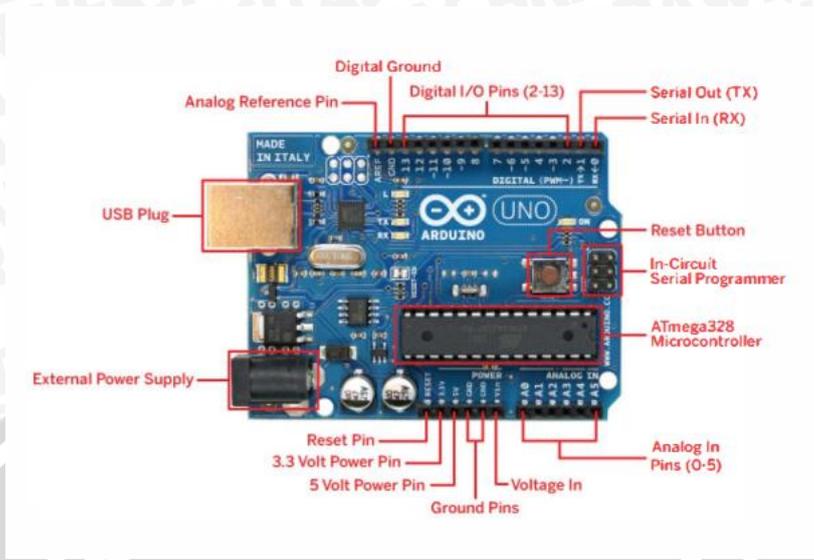
Arduino tidak hanya satu jenis arduino, namun arduino memiliki beberapa jenis terutama pada arduino *board*. Arduino *board* satu dengan arduino *board* yang lainnya memiliki jenis dan fungsi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Jenis – jenis arduino *board* yaitu Arduino UNO, Arduino Mega ADK, Arduino Mini, Arduino Pro, Arduino Pro Mini dan masih banyak lagi. Dalam penelitian ini menggunakan arduino UNO yang merupakan salah satu jenis dari arduino *board* yang ada. Arduino UNO memiki spesfikasi dan baigian – bagian yang berbeda dari yang lain.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Arduino UNO

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

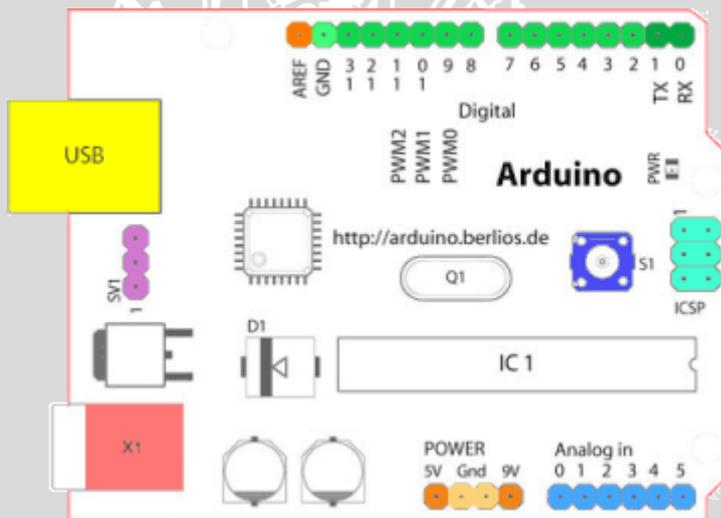
Sumber : (Katia, 2015)

Dibawah ini akan menjelaskan bagian – bagian pada arduino UNO secara mendetail.



**Gambar 2.3** Detail Arduino UNO

Sumber : (Badamasi, 2014)



**Gambar 2.4** Bagian Arduino UNO Board

Sumber : (Djuandi, 2011)

Pada penelitian ini akan menggunakan arduino UNO sebagai mikrokontrolernya, bagian – bagian yang dijelaskan sebagai berikut :

1. 14 pin *input / output* digital ( 0 – 13 )  
 Berfungsi sebagai *input* dan *output* yang dapat diatur oleh program.  
 Untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 dapat juga berfungsi sebagai pin

analog *output* dimana tegangan *outputnya* dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal tersebut mewakili nilai tegangan 0 – 5v.

2. USB

USB disini memiliki beberapa fungsi, seperti halnya memuat program dari komputer ke dalam papan, komunikasi serial antara papan dan komputer dan memberi daya listrik kepada papan

3. Sambungan SV1

Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, pemilihan dari sumber eksternal atau menggunakan USB.

4. Q1 – Kristal ( *quartz crystal oscillator* )

Kristal adalah sebuah jantung pada arduino UNO ini, hal tersebut dikarenakan komponen ini menghasilkan detak – detak yang dikirim ke mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap etaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16juta kali perdetik ( 16MHz ).

5. Tombol *Reset* S1

Sebagai tombol reset, fungsi dari bagian ini yaitu me-reset arduino *board* agar memuali dari program awal.

6. *In-Circuit Serial Programming ( ICSP )*

Port ICSP memiliki fungsi untuk memprogram mikrokontroler secara langsung tanpa melalui *bootloader*.

7. IC 1 – *Microcontroller* Atmega

Komponen utama yang tidak dapat dipisahkan dari arduino *board* yang didalamnya mencakup CPU, ROM, dan RAM.

8. X1

X1 merupaka sumber daya *eksternal* , apabila arduino dihendaki mendapat daya *eksternal* maka arduino *board* akan diberikan tegangan DC antara 9 – 12V.

9. 6 pin *input* analog ( 0 – 5 )

6 pin yang sangat di perlukan untuk pembacaan tegangan yang dihasilkan oleh sebuah sensor analog. Program dapat membaca nilai sebuah *input*

antara 0 – 1023 yang dimana teah mewakili nilai tegangan 0 – 5V (Djuandi, 2011).

### 2.2.2 Algoritma Penjadwalan

Penjadwalan proses merupakan kumpulan kebijaksanaan dan mekanisme pada sebuah sistem yang berkaitan dengan urutan kerja yang dilakukan oleh sistem komputer. Adapun penjadwalan akan memutuskan proses yang harus berjalan dan kapan serta selama berapa lama proses tersebut berjalan. Dengan adanya hal tersebut maka muncullah algoritma penjadwalan atau *scheduling algorithm*. Pada *scheduling algorithm* dibedakan menjadi 2 macam yaitu penjadwalan *Preemptive* dan *Non-Preemptive* yang dimana pada masing – masing macam memiliki banyak jenisnya. penjadwalan *Preemptive* adalah Penjadwalan dengan kemampuan sistem operasi untuk memberhentikan sementara proses yang sedang berjalan untuk memberi ruang kepada proses yang prioritasnya lebih tinggi. Penjadwalan ini memungkinkan sistem untuk menjamin bahwa setiap proses mendapat *slice* waktu operasi, dan membuat sistem lebih cepat merespon *event* luar. Penjadwalan *Preemptive* melibatkan mekanisme interupsi yang menyela proses yang sedang berjalan dan memaksa sistem menentukan proses mana yang dieksekusi. Dalam penjadwalan preemptive terdapat beberapa lgoritma seperti *Round-Robin Scheduling* dan *Multilevel Queue Scheduling*. Penjadwalan *Non-Preemptive* ialah salah satu jenis penjadwalan dimana sistem operasi tidak pernah melakukan *switch* dari proses yang sedang berjalan ke proses yang lain. Dengan kata lain, proses yang sedang berjalan tidak bisa di-interrupt. Penjadwalan *Non-Preemptive* terjadi ketika proses hanya Berjalan dari *running state* sampai *waiting stat* dan dihentikan. Dalam penjadwalan *Non-Preemptive* terdapat beberapa jenis algoritma diantaranya *First Come First Server (FCFS)*, *Shortest-Job-First Scheduling (SJF)*, *Priority scheduling* .

#### ***First Come First Server (FCFS)***

Algoritma *First Come First Server (FCFS)* merupakan salah satu algoritma penjadwalan yang cukup sederhana. Prinsip dari algoritma ini sama dengan nama algoritma itu sendiri yaitu “datang pertama, pertama dilayani” yang tidak



Pada algoritma FCFS terdapat *waiting time* dan *turnaround time* (*burst time* + *waiting time*), dimana *waiting time* merupakan waktu tunggu secara keseluruhan dalam sistem dan *turnaround time* merupakan waktu penyelesaian dari data yang dikerjakan. Pada kasus diatas *waiting time* rata-ratanya adalah sebesar  $(0+24+27)/3 = 17\text{ms}$ . *Turnaround time* untuk P1 sebesar 24 ms, sedangkan untuk P2 sebesar 27 ms (dihitung dari awal kedatangan P2 hingga selesai dieksekusi), untuk P3 sebesar 30 ms. *Turnaround time* rata-rata untuk ketiga proses tersebut adalah  $(24+27+30)/3 = 27\text{ ms}$ . Misalkan proses dibalik sehingga urutan kedatangan adalah P3, P2, P1. *Waiting time* adalah P1=6; P2=3; P3=0. *Average waiting time*:  $(6+3+0)/3=3$ . Ketika proses dibalik maka *Gantt Chart* akan seperti gambar 2.25.



**Gambar 2.7** *Gantt Chart* ketika Proses Kedatangan Bersamaan pada 0 ms dibalik

### 2.2.3 Modul Wireless Radio Frequency 2,4 GHz

*Zigbee* adalah sebuah perangkat *wireless transceiver* menggunakan frekuensi radio yang berfungsi sebagai komunikasi 2 arah. *Zigbee* sendiri merupakan bentuk implementasi dari protokol komunikasi dengan standart IEEE 802.15.4. Dari berbagai modul komunikasi *zigbee* yang dijumpai di pasaran salah satunya adalah *xbee* (Hadiyoso, Rizal, Aulia, & Sofie). *Xbee* ini merupakan salah satu produk dari Digi Internasional. *Xbee* merupakan sebuah modul RF *transceiver* menggunakan standart protokol *zigbee* dan berkerja dalam jangkauan frekuensi 2,4 GHz. Dalam segi antarmuka komunikasi *xbee* menggunakan komunikasi serial UART ( *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* ), dengan digunakannya antar muka komunikasi UART maka lebih mudah diintegrasikan dengan mikrokontroller. Modul tersebut memberi solusi konektivitas *end-point nirkabel* untuk perangkat *embedded*. Dengan menggunakannya protokol jaringan IEEE 802.15.4 mendukung *point-to-multipoint* atau jaringan *peer-to-peer*. Modul *Xbee*



ini ideal untuk aplikasi berdaya rendah dan murah. Pada penelitian ini digunakan modul *Xbee series 2 wire* antenna yang dikonfigurasi untuk komunikasi *point to point*. *Xbee* tersebut memiliki daya pancar 2 dBm dengan sensitivitas minimum -96 dBm.



**Gambar 2.8** (a) *Xbee S2* tampak depan, (b) *Xbee S2* tampak belakang

Sumber : <http://www.digi.com/>

1	UCC3.3	SDA/IO	20
2	TX/IO	SCL/IO	19
3	RX/IO	I08	18
4	I00	I07	17
5	RESET	RTS/IO	16
6	I01	I06	15
7	I02	UREF	14
8	I03	I05	13
9	DTR/IO	CTS/IO	12
10	GND	I04	11

**Gambar 2.9** Pin *Xbee S2*

Sumber : <http://www.seeedstudio.com/>

Untuk spesifikasi lengkap dari *Xbee series 2* dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 2.4** Spesifikasi Xbee Series 2

<i>Platform</i>	<i>Xbee Series 2</i>
<i>Performance</i>	
<i>RF Data Rate</i>	250 Kbps
<i>Indoor / Urban Range</i>	133 ft (40m)
<i>Outdoor / RF Line-of-Sight Range</i>	400 ft (120m)
<i>Transmit Power</i>	1,25 mW (+1 dBm) / 2mW (+3dBm) boost Mode
<i>Features</i>	
<i>Adjustable Power</i>	Yes
<i>I/O Interface</i>	3,3V CMOS UART, ADC, DIO
<i>Configuration Method</i>	API or AT command, local or over-the-air
<i>Frequency Band</i>	2,4 GHz
<i>Interference Immunity</i>	DSSS ( Direct Sequence Spread Spectrum )
<i>Serial Data Rate</i>	1200 bps – 1 Mbps
<i>ADC Inputs</i>	(4) 10-bit ADC inputs
<i>Digital I/O</i>	10
<i>Programmability</i>	
<i>Memory</i>	N/A
<i>CPU/Clock Speed</i>	N/A
<i>Network &amp; Security</i>	
<i>Encryption</i>	128-bit AES
<i>Reliable Packet Delivery</i>	Retries / Acknowledgments
<i>IDs and channels</i>	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels
<i>Power Requirements</i>	
<i>Supply Voltage</i>	2,1 – 3,6 VDC

<i>Transmit Current</i>	35 mA / 45 mA boost mode @ 3,3VDC
<i>Receive Current</i>	38 mA / 40 mA boost mode @ 3,3VDC
<i>Power-Down Current</i>	,1 uA @25°C

### 2.2.4 Xbee Shield

*Xbee shield* adalah sebuah papan tambahan pada arduino yang digunakan untuk menambahkan modul *zigbee*. *Shield* ini berguna agar arduino dan modul *zigbee* dapat berkomunikasi secara nirkabel. *Shield* ini terdiri dari beberapa *female pin header* sebagai pin digital 2 sampai 7 serta pin analog yang pada arduino tertutup oleh *shield* ini. *Xbee shield* ini kompatibel dengan semua modul *xbee* termasuk seri 1 dan seri 2 (serta 2,5) ataupun versi standart dan Pro. Pada *xbee shield* produksi DFRobot terdapat beberapa intruksi untuk pengoperasiannya, instruksi tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5.



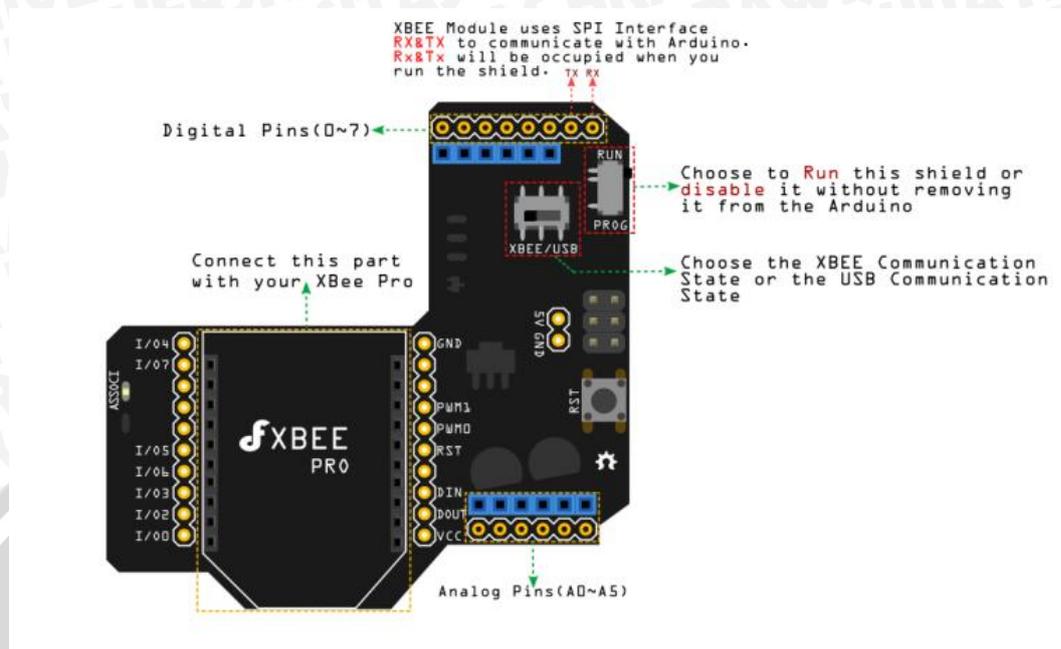
(a)



(b)

**Gambar 2.10** (a) *Shield* tampak depan, (b) *Shield* tampak belakang

Sumber : <http://www.dfrobot.com/>



Gambar 2.11 Pin Out Xbee Shield

Sumber : <http://www.dfrobot.com/>

Pada *xbee shield* terdapat beberapa bagian dan pin yang dapat difungsikan, yaitu :

1. *Xbee case*  
 bagian ini digunakan untuk meletakkan modul *xbee*, *xbee* yang nantinya akan terkoneksi pada arduino.
2. Digital Pins  
 Pada *shield* ini terdapat 7 pin digital yang tersedia dari pin 0 – 7.
3. Analog Pins  
 Pada *shield* ini terdapat 7 pin digital yang tersedia dari pin A0 – A7.
4. *Switch Xbee / USB*:  
*Switch* yang difungsikan untuk menentukan komunikasi *xbee* menggunakan arduino langsung atau PC.
5. *Switch RUN / Prog* :  
 Memiliki fungsi untuk memilih mode untuk pemrograman.

**Tabel 2.5** Instruksi pada *Xbee Shield*

Communication State	Fungsi
<i>RUN – Xbee</i>	Pertama, posisikan <i>switch</i> pada “ <i>RUN</i> ” Posisi pada <i>xbee</i> , Arduino akan berkomunikasi secara langsung dengan <i>Xbee</i>
<i>RUN – USB</i>	Pertama, posisikan <i>switch</i> pada “ <i>RUN</i> ” Posisi pada USB akan membuat <i>Xbee</i> berkomunikasi langsung dengan PC
Prog	Ketika <i>switch</i> pada posisi “prog”, user dapat memprogram arduino tanpa melepas <i>shield</i> dari arduino <i>board</i>

*CCA (Clear Channel Assessment)*

CCA merupakan sebuah prosedur yang dilakukan pada sebuah jaringan untuk menentukan ketersediaan jaringan untuk melakukan transmisi. Prosedur ini dilakukan sebelum transmisi paket paket *zigbee*. CCA secara garis besar dapat dikatakan sebagai menghindari konflik saluran dalam pengiriman paket data.

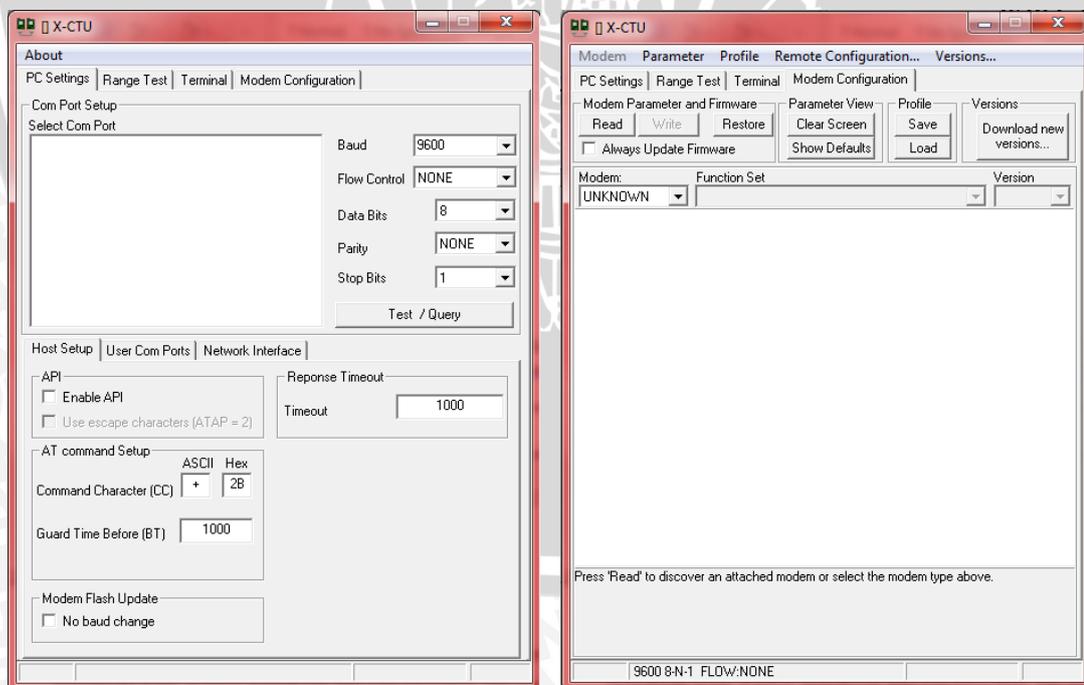
**2.2.5 X-CTU**

X-CTU (XCTU) merupakan sebuah aplikasi *multi-platform* tanpa bayar atau gratis yang diciptakan user untuk mengomunikasikan modul RF (*Radio Frequency*). XCTU sendiri memiliki *interface* grafis yang cukup sederhana untuk digunakan user. Aplikasi *multi-platform* ini juga kompatibel *Windows* dan *MacOS*. Aplikasi ini tergolong dalam aplikasi baru yang dapat memudahkan user untuk *set-up*, mengkonfigurasi serta menguji *Xbee* (model FR). Dalam XCTU mencakup



secara keseluruhan fitur yang dibutuhkan untuk mengkonfigurasi *Xbee*. Fitur serta kemudahan tersebut seperti :

- Tampilan grafis jaringan yang menampilkan jaringan *Xbee* dengan kekuatan sinyal dalam koneksinya.
- Terdapat API dan AT konsol yang dirancang untuk berkomunikasi dengan perangkat radio.
- User dapat menyimpan dan *upload* sesi konsol pada XCTU PC yang sedang berjalan.
- Perangkat yang terintegrasi dengan *cloud*, yang memungkinkan user mengkonfigurasi dimana saja di dunia ini.
- Sistem update yang otomatis, memungkinkan perangkat untuk update versi aplikasi itu sendiri serta *radio firmware library*.
- XCTU memiliki konten dokumentasi yang lengkap serta *comprehensive* yang dapat diakses kapan saja.



**Gambar 2.12** Tampilan IDE XCTU

Sumber : [www.digi.com](http://www.digi.com)

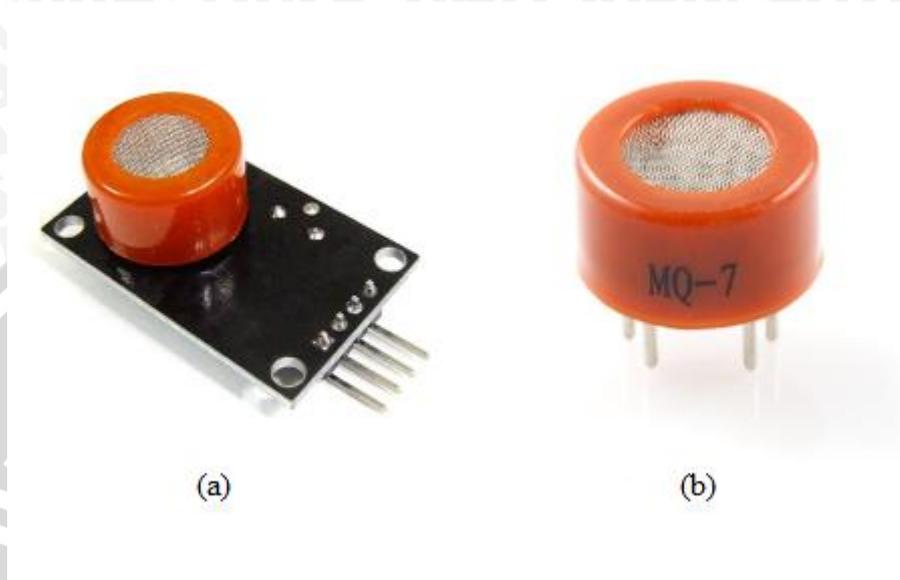
Ketika menggunakan aplikasi ini akan terlihat 4 tab yang menjadi tempat fungsi utama dari aplikasi ini, yaitu :

- *PC Settings*  
User dapat memilih port COM yang diinginkan serta mengkonfigurasi port yang sesuai dengan pengaturan radio
- *Range Test*  
Lokasi dimana user dapat melakukan tes antar dua radio, untuk mengetahui kekuatan sinyal dalam berbagai kondisi
- *Terminal*  
Memungkinkan akses ke port COM dengan program simulasi terminal, selain hal tersebut memiliki kemampuan untuk mengakses firmware dengan perintah AT
- *Modem Configuration*  
User dapat mengkonfigurasi serta merubah firmware radio sesuai yang dibutuhkan.

#### 2.2.6 Sensor Carbon Monoxide (MQ 7)

Sensor MQ 7 adalah sebuah sensor yang dapat mendeteksi gas karbon monoksida (CO). Karbon monoksida atau CO dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari material yang berasal dari senyawa karbon seperti kayu, batu bara, bahan bakar minyak dan zat-zat organik lainnya. Pada dasarnya karbon monoksida yang dihasilkan pada setiap hasil pembakaran berbeda – beda. Sensor ini dapat mengetahui akan konsentrasi gas karbon monoksida tersebut. Salah satu implementasi dari sensor ini yaitu digunakan untuk memantau kadar gas karbon monoksida. Sensor ini memiliki sensitivitas yang tinggi serta waktu respon yang cukup cepat. Sensor ini membutuhkan tegangan direct current ( DC ) sebesar 5V. Sensor ini akan menghasilkan sebuah *output* berupa sinyal analog, namun dengan adanya sensor MQ 7 beserta modul dipasaran sensor ini juga memiliki digital

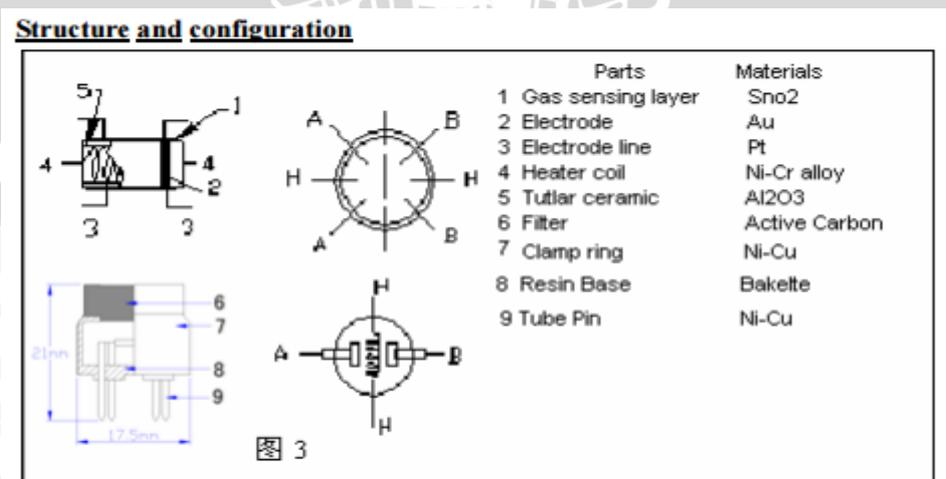
output. Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) yang berubah sesuai dengan tekanan gas yang ada. Sensor ini dapat membaca kadar gas karbon monoksida dari range 20 sampai 2000 ppm.



Gambar 2.13 (a) MQ 7 dengan modul, (b) MQ 7 tanpa modul

Sumber : [www.sparkfun.com](http://www.sparkfun.com)

MQ 7 memiliki struktur dan konfigurasi tersendiri, untuk detailnya terdapat pada gambar 2.13 :

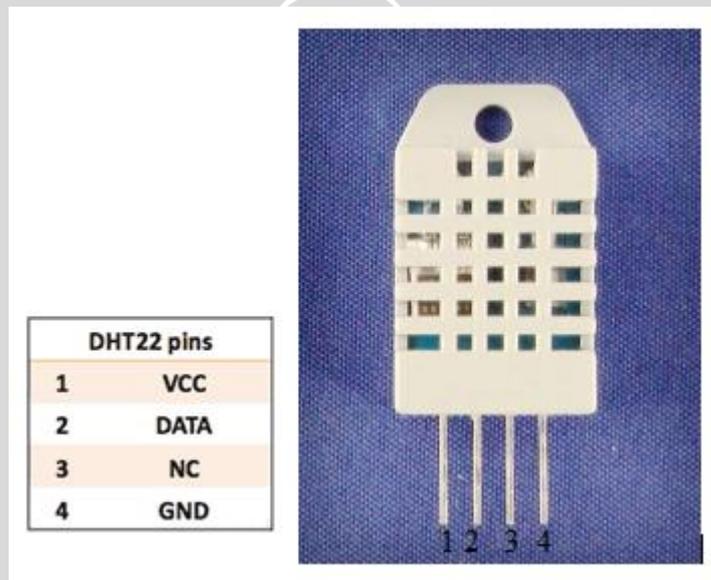


Gambar 2.14 Struktur dan Spesifik MQ 7

Sumber : (Technical Data Sheet M. )

### 2.2.7 Sensor *Temperature* & Kelembaban (DHT 22)

DHT 22 yang juga dikenal sebagai AM2302 adalah sensor yang dapat mengukur *temperature* dan kelembaban. Sensor ini terdiri dari beberapa varian yang sering digunakan yaitu DHT 11 dan DHT 22. Sensor ini memiliki keluaran dalam bentuk digital sehingga tidak memerlukan lagi proses konversi dari sinyal analog. Setiap sensor pada pemodelan ini adalah *temperature* kompensasi dan dikalibrasi dalam ruang kalibrasi yang akurat serta kalibrasi-koefisien disimpan dalam jenis program dalam memori OTP. Apabila sensor mendeteksi maka akan mengambil koefisien dari memori. Sensor ini memiliki ukuran yang kecil, konsumsi daya rendah serta jarak transmisi yang panjang (20m), untuk spesifikasi DHT22 dapat dilihat pada tabel 2.6 (Aosong(Guangzhou) Electronics Co.).



Gambar 2.15 DHT 22

Sumber : (Aosong(Guangzhou) Electronics Co.)

Tabel 2.6 Spesifikasi DHT 22

<b>Model</b>	<b>DHT 22</b>
<i>Power supply</i>	3,3 – 6V DC
<i>Output signal</i>	<i>Digital signal</i>
<i>Sensing element</i>	<i>Polymer capacitor</i>

<i>Operating range</i>	<i>Humidity 0-100%RH; Temperaturee -40 – 80°C</i>
<i>Acuuracy</i>	<i>Humidity +-2%RH(max 5%RH); Temperaturee &lt;+,-0,5 °C</i>
<i>Resolution or sensitivity</i>	<i>Humidity 0,1%RH; Temperaturee 0,1 °C</i>
<i>Repeatability</i>	<i>Humidity +-1%RH; Temperaturee +,-0,2 °C</i>
<i>Humidity hysteresis</i>	<i>+,-0,3%RH</i>
<i>Long-term Stability</i>	<i>+,-0,5%RH/year</i>
<i>Sensing period</i>	<i>Average: 2s</i>
<i>Interchangeability</i>	<i>Fully interchangeable</i>
<i>Dimensions</i>	<i>Small size 14*18*5,5mm; Big size 22*28*5mm</i>

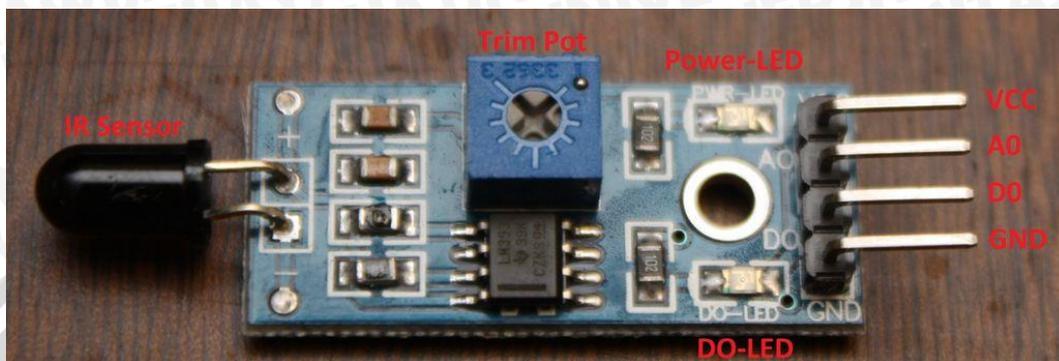
### 2.2.8 Sensor Api

Sensor Api adalah sensor yang difungsikan untuk mendeteksi api dari segi IR yang dipancarkan oleh api. Dalam kenyataannya banyak jenis flame sensor yang ada. Sensor flame yang digunakan ini menggunakan sensor YG1006 yang memiliki kecepatan tinggi serta sensitif NPN silikon phototransistor. Pada sensor terdapat epoxy hitam yang berperang begitu penting karena memiliki fungsi sebagai perangkat sensitifitas radiasi IR yang dihasilkan api. Sensor ini juga memiliki beberapa kelebihan yaitu :

- Range tegangan yang lebih lebar, dari 3.3 - 5V
- Respon lebih cepat
- Sensifitas lebih tinggi
- Sensifitas dapat disesuaikan
- Mudah untuk digunakan
- mempunyai sudut pembacaan 60°

- beroperasi pada *temperature*  $-25 - 85^{\circ}$  Celcius

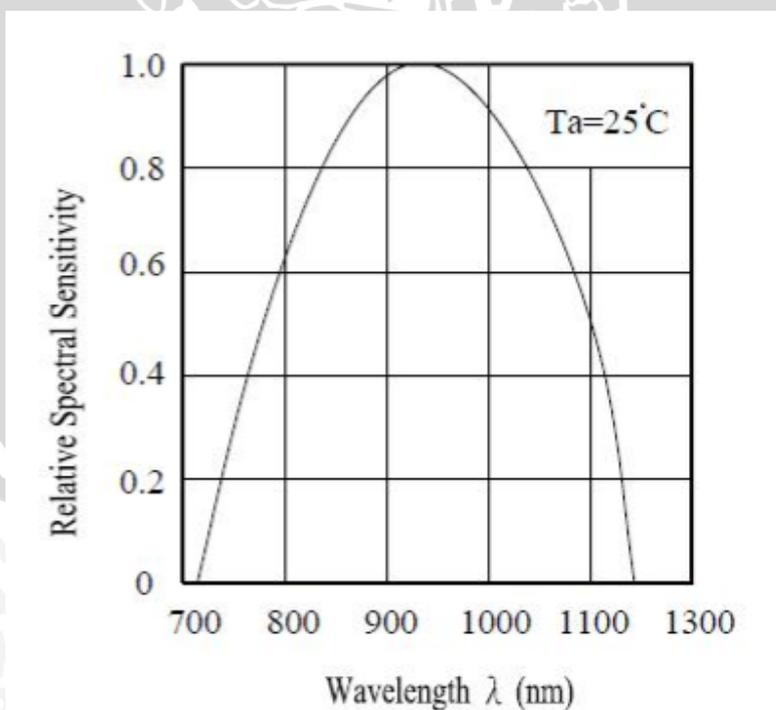
Sensor ini dapat mendeteksi api atau cahaya dalam rentang 760 nm – 1100nm (Technical Data Sheet D. ) .



**Gambar 2.16** Sensor Api

Sumber : (Technical Data Sheet D. )

Sensor api ini dapat mengenali dan mendeteksi sumber cahaya yang panjang gelombang adalah di kisaran 760nm - 1100 nm. Sensitivitas sensor sendiri dapat dilihat pada gambar 2.16 .



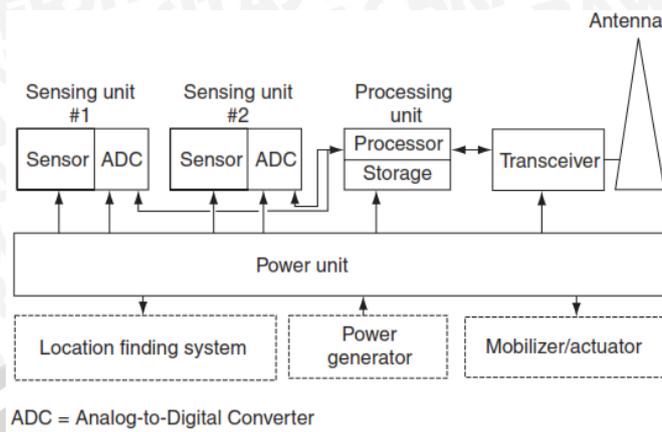
**Gambar 2.17** Garfik Sesitivitas Sensor Api

### 2.2.9 *Wireless Sensor Network*

*Wireless Sensor Network (WSN)* adalah suatu kesatuan dari proses pengukuran, komputasi, dan komunikasi yang memberikan kemampuan administratif kepada sebuah perangkat, observasi dan melakukan tindakan ketika terjadi sesuatu dalam lingkungan yang mengimplementasikan *wireless*. Sistem WSN ini lebih jauh efisien dibandingkan dengan penggunaan kabel. Sistem ini memiliki fungsi untuk berbagai jenis aplikasi yang dimana WSN mampu memenuhi kebutuhan teknologi dalam berbagai bidang ilmu, seperti halnya pada bidang biology, pertanian, perikanan dan lain sebagainya. Sebagai contoh penelitian bidang pertanian menginginkan monitoring akan kelembaban tanah pada tanaman tertentu.

Komponen pada WSN ini meliputi sensor, modul *wireless*, serta PC. Seluruh komponen yang dibutuhkan akan membentuk suatu jaringan yang dimana membentuk suatu fungsi *monitoring* yang nantinya akan mampu menampilkan informasi atau data yang di dapat pada lapangan berupa karakteristik dari sensor yang digunakan dengan menggunakan media *wireless*. Dalam hal ini karena WSN dapat digunakan untuk berbagai aplikasi maka penggunaan sensor dapat dipilih sesuai kebutuhan sistem.

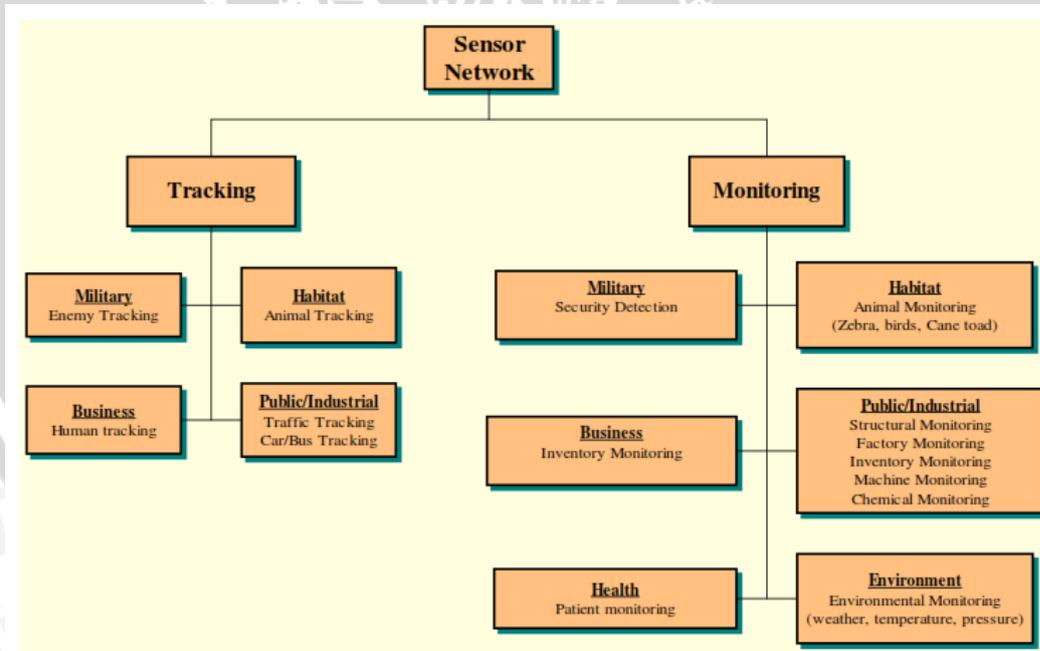
Arsitektur pada WSN ini umumnya terbagi menjadi 4 bagian yaitu sistem *sensing, processing, communication dan power* (Hariyawan, Gunawan, & Putra). Penyatuan sistem ini haruslah diperhatikan saat awal melakukan perancangan sistem, terutama pada sistem *processing*. Sistem *processing* dianggap sangat penting dikarenakan sistem tersebut dapat berpengaruh terhadap performa serta konsumsi energi. Dalam WSN sendiri dapat menggunakan beberapa sensor *node*. WSN dapat mengimplementasikan sensor *node* cukup banyak, namun banyak atau sedikitnya *node* yang digunakan dikembalikan lagi kepada sistem itu sendiri. Sensor *node* ini dapat merasakan, mengukur dan mengumpulkan informasi dan data dari lingkungan.



**Gambar 2.18** Proses Sistem Sensing

Sumber : (Sohraby & Minoli, 2007)

Dengan program yang ditanamkan pada sensor *node* itu sendiri, mereka dapat mengirimkan data pada pusat data utama. Sensor *node* ini berdaya rendah yang biasanya dilengkapi dengan satu atau lebih sensor, prosesor, memori, *power supply*, radio dan aktuator (Jennifer Yick, 2008).



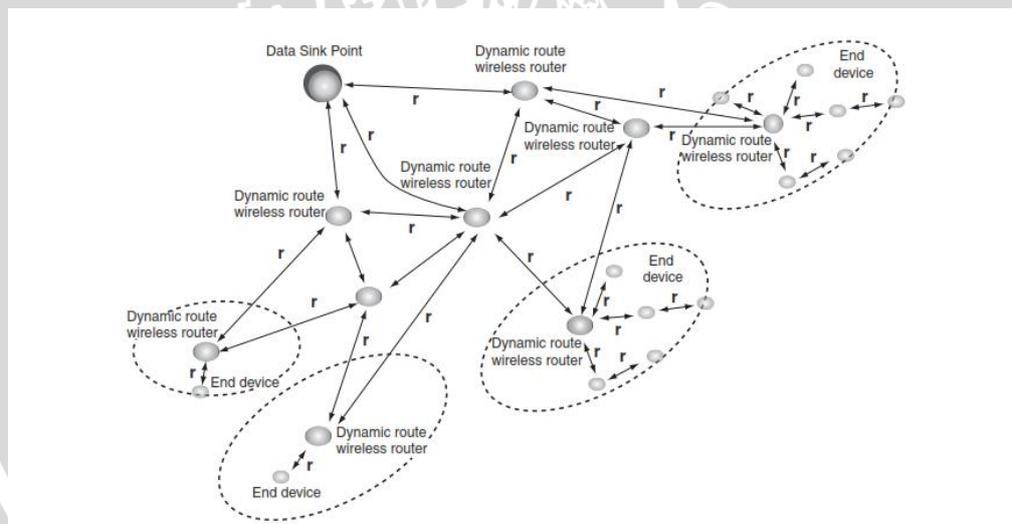
**Gambar 2.19** Skema berbagai implementasi WSN

Sumber : (Sohraby & Minoli, 2007)

WSN dapat di bagi menjadi 2 bagian menurut fungsinya yaitu *Tracking* dan *Monitoring*. Aplikasi *Monitoring* meliputi pemantauan *indoor* ataupun *outdoor* lingkungan, pemantauan kesehatan, pemantauan daya, pabrik dan otomatisasi proses dan pemantauan lokasi persediaan. Dalam aplikasi *Tracking* disini WSN difungsikan untuk melacak suatu objek seperti manusia, hewan ataupun kendaraan. Dengan kemajuan teknologi WSN juga dapat memonitoring kondisi *underwater*, namun dengan kondisi komponen yang memungkinkan bekerja berada dalam air (Jennifer Yick, 2008).

Pada sebuah teori komersial WSN juga terbagi menjadi 2 kategori, yaitu :

1. Kategori 1 WSNs (C1 WSNs): hampir disetiap implementasi sistem menggunakan topologi *multihop* yang memanfaatkan *routing dinamis* baik di bagian nirkabel dan kabel jaringan.

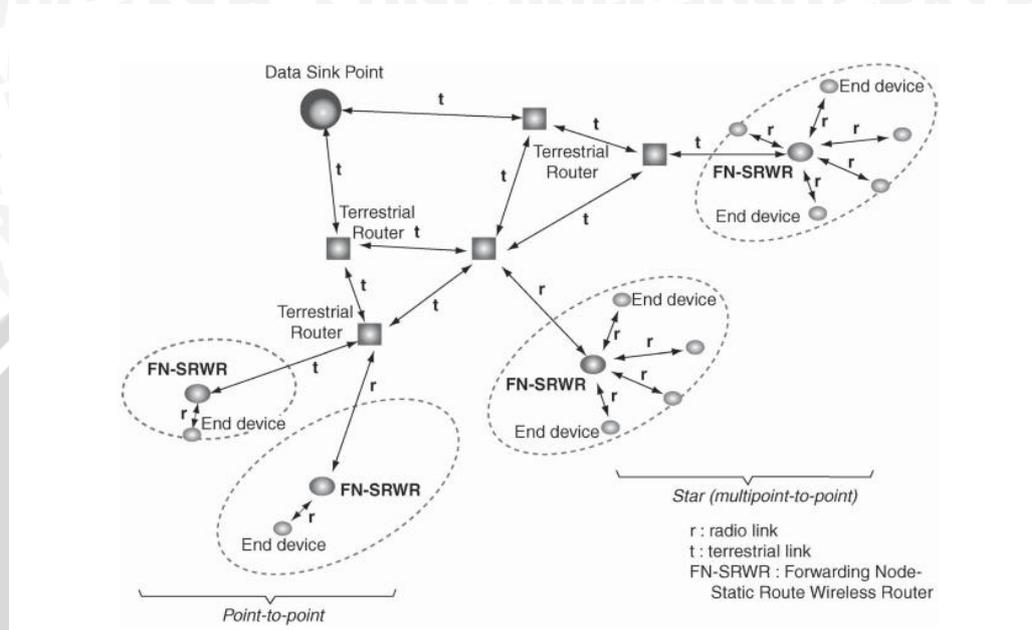


**Gambar 2.20** WSN Kategori 1: *multipoint-to-point*, sistem multihop dengan routing dinamis

Sumber : (Sohraby & Minoli, 2007)

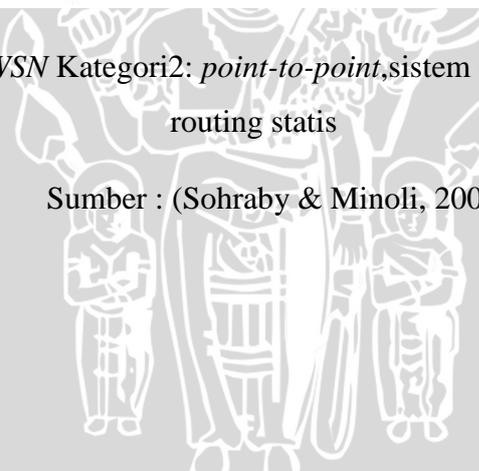
2. Kategori 2 WSNs (C2 WSNs): *point-to-point* atau *multipoint-to-point (state based)* sistem umumnya dengan topologi *single-hop*, memanfaatkan *static*

routing melalui jaringan nirkabel yang biasanya akan ada hanya satu rute dari WSN ke node – node yang ada (Sohraby & Minoli, 2007).



**Gambar 2.21** WSN Kategori2: *point-to-point*, sistem single hop dengan routing statis

Sumber : (Sohraby & Minoli, 2007)

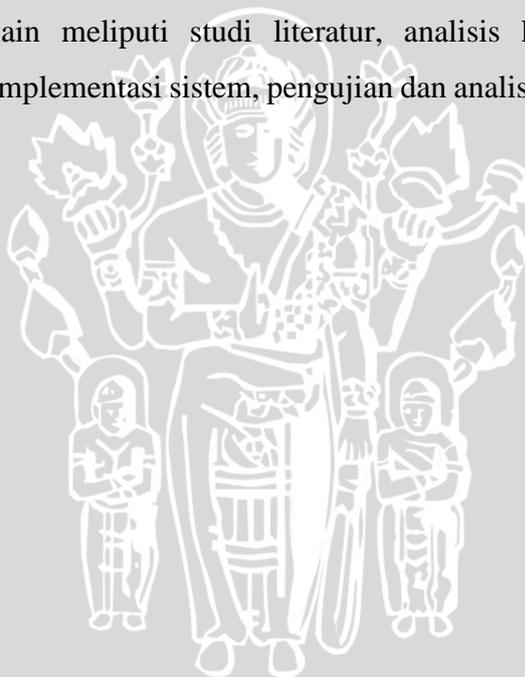


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan berisi serta menjelaskan metode apa yang akan digunakan pada penelitian. Selain hal tersebut dalam bab ini akan menjabarkan tujuan dan cara dari tiap – tiap langkah yang dilakukan dalam penelitian.

### 3.1 Metode Penelitian

Dalam metode penelitian akan menjabarkan tentang tujuan serta tata cara tentang langka yang dilakukan dalam penelitian. Beberapa hal yang dibahas didalamnya antara lain meliputi studi literatur, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian dan analisis, kesimpulan dan saran.





Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

### 3.1.1 Studi Literatur

Dalam studi literatur akan menjelaskan secara menyeluruh mengenai dasar teori yang mendukung dalam penelitian ini. Terdapat beberapa hal yang nantinya akan dijadikan studi literatur adalah seluruh dasar teori agar dapat merancang sebuah sistem, diantaranya :

- a. Arduino UNO
- b. Xbee
- c. Sensor Api
- d. Sensor *Temperature* & Kelembaban
- e. Sensor Gas
- f. PC / komputer

### 3.1.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem memiliki tujuan untuk menjabarkan segala kebutuhan pada penelitian agar mendapatkan kebutuhan sistem yang sesuai. Dalam kebutuhan sistem akan terjadi proses analisis dan mengidentifikasi perangkat yang nantinya akan digunakan seperti halnya perangkat keras dan perangkat lunak. Kedua perangkat ini pastinya akan digunakan dalam proses penelitian untuk merancang, implementasi serta menganalisis sistem. Dengan adanya hal tersebut maka nantinya dapat membantu serta mempermudah dalam mendesain hingga membuat sistem.

#### **Kebutuhan Fungsional**

Jenis kebutuhan yang berisi proses-proses apa saja yang nantinya dilakukan oleh sistem. Kebutuhan fungsional juga berisi informasi-informasi apa saja yang harus ada dan dihasilkan oleh sistem. Kebutuhan fungsional dari sistem ini diantaranya :

1. Sistem harus dapat membaca nilai-nilai dari sensor yang berhubungan dengan sistem yaitu sensor api, sensor gas, sensor *temperature* dan kelembaban.
2. Sistem harus dapat mengirimkan data dari nilai yang didapat dari sensor menuju pusat informasi (*coordinator*).

3. Sistem harus dapat menerima semua data dari *node* lain dengan tepat tanpa kekurangan.
4. Sistem dapat menampilkan informasi – informasi yang diterima dari *node* yang ada.

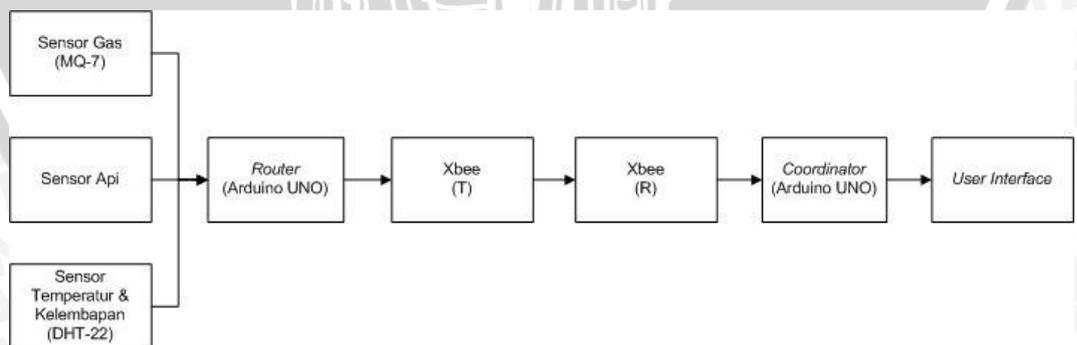
**Kebutuhan NON-Fungsional**

Pada kebutuhan NON-fungsional ini berisi properti perilaku yang dimiliki oleh sistem, seperti halnya :

1. Pemrograman dari sistem menggunakan arduino IDE
2. Operasional sistem ini menggunakan sistem operasi Microsoft Windows 7.
3. *User interface* pada sistem ini menggunakan media Delphi 7.
4. Sistem ini menggunakan mode multiparameter atau multi sensor ( sensor api, sensor gas, sensor *temperature* dan sensor kelembaban).

**3.1.3 Perancangan Sistem**

Tahap perancangan merupakan langkah awal untuk membuat sebuah sistem. Pada tahap perancangan akan dibuat dalam sebuah diagram blok yang dimana nantinya akan berisi bagian – bagian dari sistem yang akan di buat. Penggambaran rancangan sistem ini akan disajikan dalam bentuk yang sederhana, mudah dipahami dan terdapat alur jalan dari sistem itu sendiri.



**Gambar 3.2** Flowchart Perancangan Sistem



Setiap diagram blok yang terdiri dari masing – masing fungsi akan disatukan menjadi sebuah diagram blok sistem monitoring unsur kebakaran hutan. Penggabungan ini memiliki tujuan diantaranya sebagai penjelas masing – masing fungsi dalam satu kesatuan sistem. Dimulai dari penggabungan pembacaan sensor, proses pemrograman arduino, pengolahan data pada arduino, pengiriman data melalui *xbee* serta menampilkan data pada delphi 7.

#### 3.1.4 Implementasi

Implementasi sistem ini akan dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Implementasi sistem ini akan menggunakan Delphi 7 sebagai interface dari sistem keseluruhan.

Implementasi pada sistem akan menggunakan beberapa sensor sebagai *input*. Apabila dari sensor dapat membaca nilai parameter maka arduino melalui *xbee* akan mengirim data tersebut ke pusat dengan melalui masing – masing *node*. Dari interface *output* menggunakan Delphi 7 dan apabila data telah diterima dari *node – node* yang ada maka akan ditampilkan pada PC.

#### 3.1.5 Pengujian dan Analisis

Pengujian *reliability* sistem akan dilakukan selama 4 hari pada titik lokasi tertentu sesuai dengan perancangan sistem sebelumnya, yang meliputi :

- Pengujian pembacaan sensor pada masing – masing *node*
- Pengujian komunikasi data antar *node – node*
- Pengujian komunikasi data dari *node* ke PC
- Pengujian akumulasi data pada PC
- Menampilkan data pada *user interface*

Setelah mendapatkan data dari serangkaian pengujian sistem maka akan dilakukan analisis kembali. Analisis ini bertujuan untuk mengukur kinerja sistem yang telah dibuat. Dengan dilakukan pengujian maka dapat ditarik sebuah kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan tersebut akan digunakan untuk mengetahui seberapa handal dan layak sistem yang telah dibuat.

### 3.1.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran yang dimana merupakan tahap terakhir dari penelitian yang dilakukan. Tahap ini penelitian yang dilakukan haruslah memiliki hasil analisis data yang telah dilakukan serta dapat ditarik sebuah kesimpulan dari sistem yang dibuat. Dengan adanya analisis data dan kesimpulan maka dapat saran kedepannya untuk menyempurnakan sistem yang telah dibuat.



## BAB IV

### PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas tentang perancangan dan implementasi untuk penelitian. Perancangan akan fokus membahas tentang semua rancangan yang terdapat pada penelitian serta implementasi sendiri akan membahas semua perihal pengimplementasian sistem dari penelitian ini pada lokasi studi kasus.

#### 4.1 Perancangan

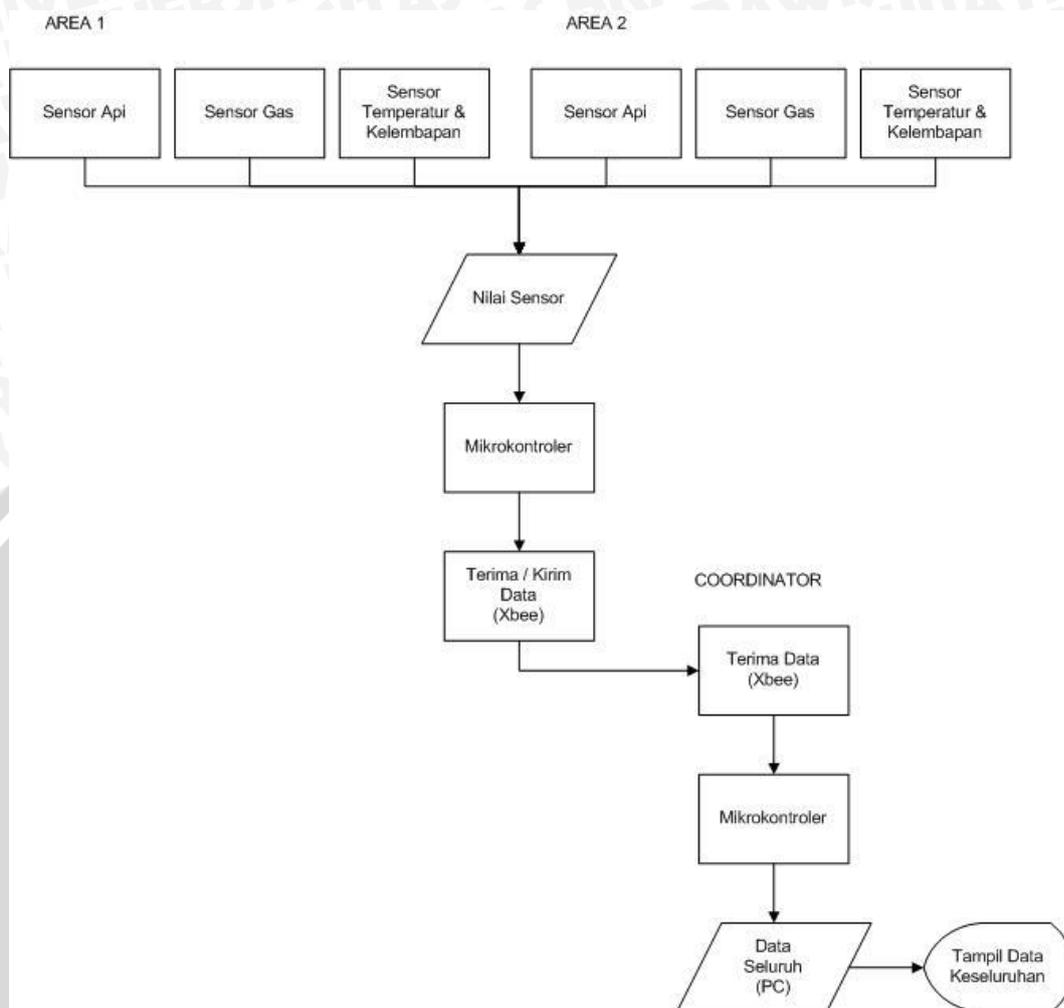
Tahap perancangan disini akan memfokuskan pembahasan tentang perancangan atau *design* dari sistem yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem yang nantinya dapat menjadi sebuah sistem dalam satu kesatuan. Dalam perancangan sistem terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan diantaranya:

##### 4.1.1 Perancangan Sistem

Perancangan *Physical System* atau dapat dikatakan sebagai perancangan fisik sistem secara menyeluruh dengan menggunakan diagram alir. Pada perancangan ini akan membahas diagram alir keseluruhan sistem, sensor dan diagram alir algoritma sistem.

##### Diagram Alir Keseluruhan Sistem

Diagram alir keseluruhan sistem akan menggambarkan sistem kerja dari awal hingga akhir. Dimana pada diagram alir sistem ini secara menyeluruh akan dimulai dengan jalannya sistem lantas jalan dari sensor yang ada yang nantinya nilai dari sensor ini akan menjadi *input* dari sistem. Ketika nilai telah didapat maka akan menjadi *input* pada mikrokontroler, dan pada *node* 1 dan 2 akan diteruskan menuju *node* 3 untuk dilakukan pengolahan data. Pada pengolahan data tersebut akan disesuaikan dengan satuan dari masing – masing parameter. Ketika hasil dari perhitungan telah didapat akan ditampilkan pada sistem informasi di PC dengan delphi 7.



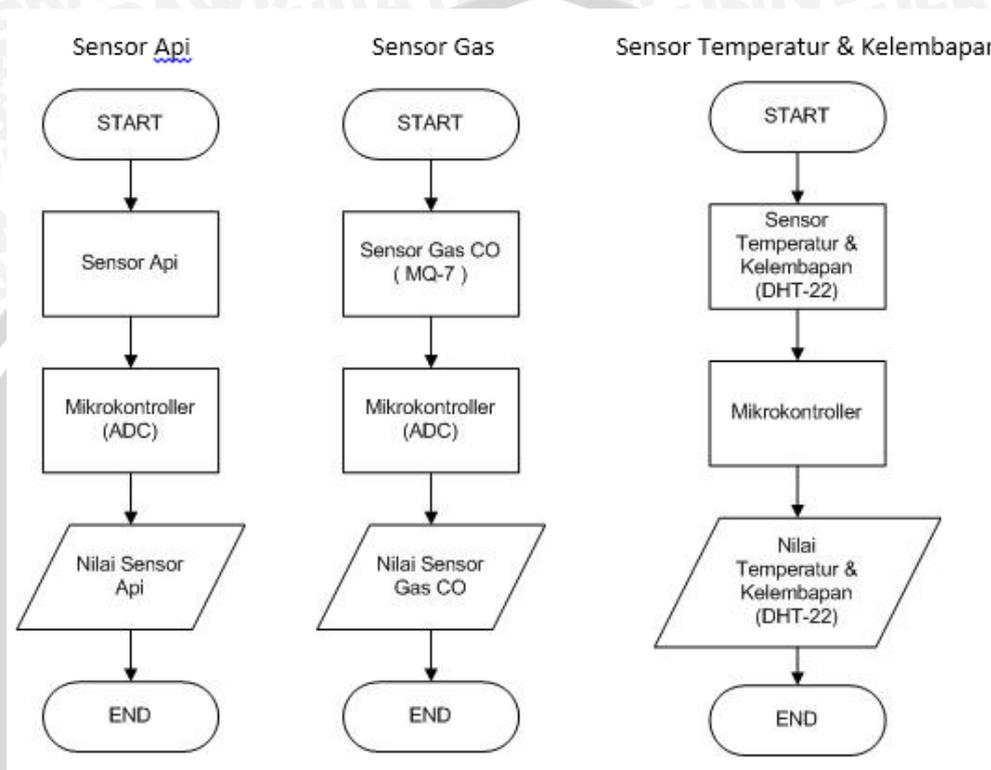
**Gambar 4.1** Diagram Alir Keseluruhan Sistem

**Diagram Alir Sensor**

Pada diagram alir sensor akan menjelaskan serta menggambarkan diagram alir sensor Api, sensor Gas, Sensor *Temperature* dan sensor Kelembaban. Sistem kerja dari masing – masing sensor dapat dikatakan hampir sama namun memiliki perbedaan dalam perlakuan data. Pada sensor api akan mendapat nilai IR yang didapat dari api , sensor gas akan mendapatkan nilai dari gas carbon monoksida yang terdapat dari asap hasil pembakaran, sensor *temperature* dan kelembapan akan mendapatkan nilai dari kondisi lingkungan pengujian nantinya. Dari sensor api dan gas akan dimasukkan dalam ADC yang terdapat pada mikrokontroler karena kedua sensor tersebut merupakan sensor analog untuk mendapatkan nilai digital. Lain halnya dengan sensor *temperature* dan kelembapan yang merupakan sensor digital.



Pada sensor gas akan terjadi perhitungan untuk mendapatkan nilai ppm, setelah semua nilai dari masing – masing sensor didapat akan ditampilkan pada *user interface* yang ada pada PC. Diagram alir dari masing – masing sensor dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Alir Sensor

#### 4.1.2 Perancangan Sensor Gas (MQ 7)

Dalam perancangan sensor Gas ini akan dimulai dengan mengukur perubahan data dari sensor ketika sensor dalam keadaan netral tanpa mendeteksi gas dan keadaan jika sensor mendeteksi gas. Percobaan tersebut dilakukan dengan gas hasil pembakaran dari bahan diambil dari ranting pohong sebagai contoh lingkungan. Ketika sudah didapatkan nilai minimal dan maksimalnya maka nilai tersebut akan dimasukkan pada rumus map. Rumus map ini digunakan dikarenakan sistem ini bekerja dalam range tertentu yaitu 8 bit atau 0 – 255.

Dalam sebuah fungsi, map dapat dituliskan dengan :

```

void loop()
{
  int gas = analogRead(0);
  gas = map(gas, 20, 2000, 0, 255);
}
  
```

#### 4.1.3 Perancangan Sensor Api

Perancangan sensor api ini akan memerlukan sampel berupa api yang sesungguhnya. Hal tersebut dikarenakan untuk menemukan nilai yang dibaca oleh sensor ketika menangkap IR dari api tersebut. Dalam pengujian agar mendapatkan nilai yang tepat harus dilakukan pada tempat tertutup, maka akan mendapatkan nilai minimal dan maksimal dari sensor tersebut. Setelah didapatkan nilai yang dibutuhkan maka kita harus memasukkan dalam rumus map dikarenakan sistem bekerja dalam range 8 bit atau 0 – 255.

Dalam sebuah fungsi, map dapat dituliskan dengan :

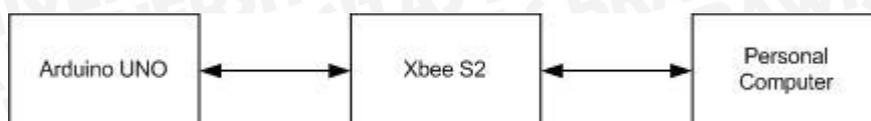
```
void loop()
{
  int api = analogRead(0);
  api = map(gas, 0, 1023, 0, 255);
}
```

#### 4.1.4 Perancangan Sensor *Temperature & Kelembaban* (DHT 22)

Perancangan sensor DHT 22 akan dilakukan pengujian secara langsung pada lokasi dimana sistem ini akan diimplementasikan. Sensor ini merupakan sensor digital 8 bits yang sudah sesuai dengan sistem yang akan dijalankan. Sensor DHT ini dapat menghasilkan nilai digital untuk *temperature* dan kelembaban secara bersamaan yang telah dikalibrasi.

#### 4.1.5 Perancangan Perangkat Arduino

Dalam pengiriman data yang dilakukan secara nirkabel dari *device* satu ke *device* lainnya dibutuhkan sebuah perangkat keras atau *device* lainnya yang memiliki fungsi sebagai pengirim atau penerima data secara nirkabel atau tanpa kabel. Dalam pengolahan data yang diterima ataupun yang dikirim akan diambil alih oleh perangkat yang bernama arduino UNO. Arduino ini akan menampung data yang akan dikirim ataupun yang diterima secara sementara atau dalam waktu tertentu. Lain halnya dengan perangkat keras yang memiliki tugas sebagai perantara komunikasi yaitu *xbee*.



**Gambar 4.3** Perancangan Perangkat Arduino

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa Personal Computer (PC) akan selalu terhubung ke arduino. Arduino tersebut akan selalu mengirimkan data serial ke PC, Sebelum data sampai ke PC data akan diolah oleh arduino menurut format pengiriman yang disesuaikan dengan format data *xbee*.

**4.1.6 Perancangan Struktur Data Sensor**

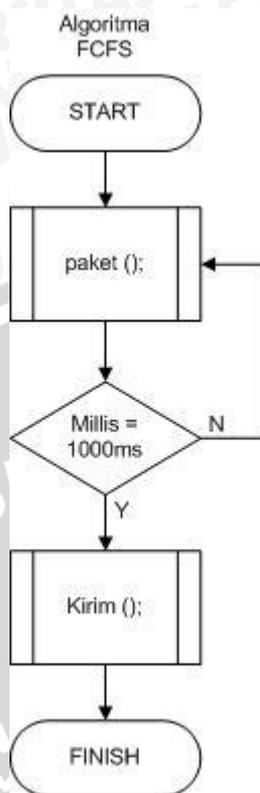
Perancangan struktur data sensor ini akan digunakan pada semua sensor. Struktur data yang digunakan adalah *array*. Dalam perancangan struktur data *array* akan digunakan untuk pengambilan nilai dari masing – masing sensor. Setiap satu *array* sensor memiliki satu ruang untuk nilainya, contoh struktur data seperti berikut :

H	Gas1	Api1	h1	t1	T	H	Gas2	Api2	h2	t2	T
*	20	123	29	40	{	#	25	22	25	78	}

**4.1.7 Perancangan Algoritma FCFS**

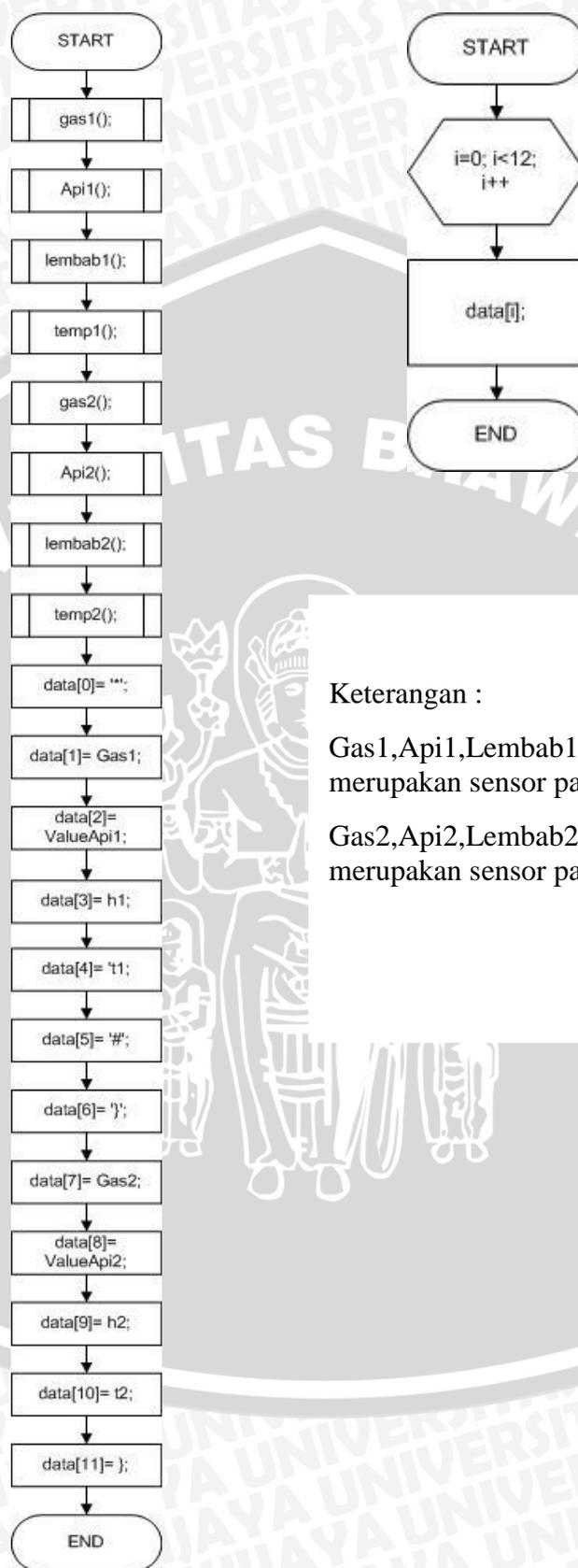
Algoritma FCFS merupakan salah satu bentuk perancangan perangkat lunak dalam sistem ini. Pada perancangan algoritma akan dilakukan penyesuain kinerja yang dimana algoritma akan diterapkan pada proses *array* pada saat pengumpulan data dari tiap – tiap sensor.





**Gambar 4.4** Diagram Alir Algoritma FCFS

Dalam perancangan algoritma tersebut terdapat fungsi paket dan kirim yang memiliki fungsi lagi didalamnya, untuk fungsi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5.



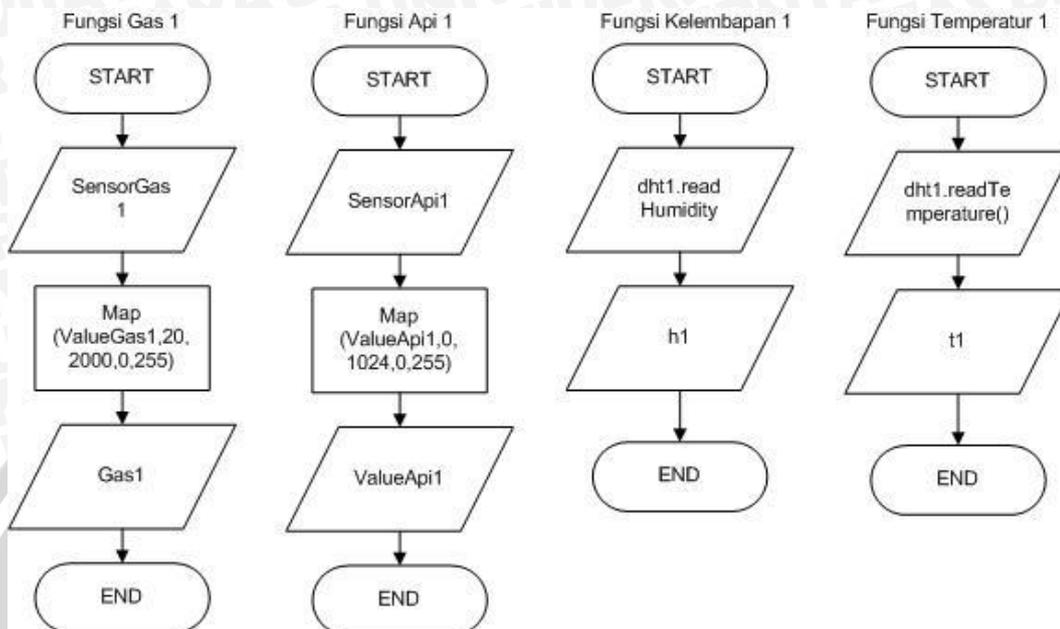
Keterangan :

Gas 1,Api 1,Lembab 1,Temp 2 merupakan sensor pada area 1.

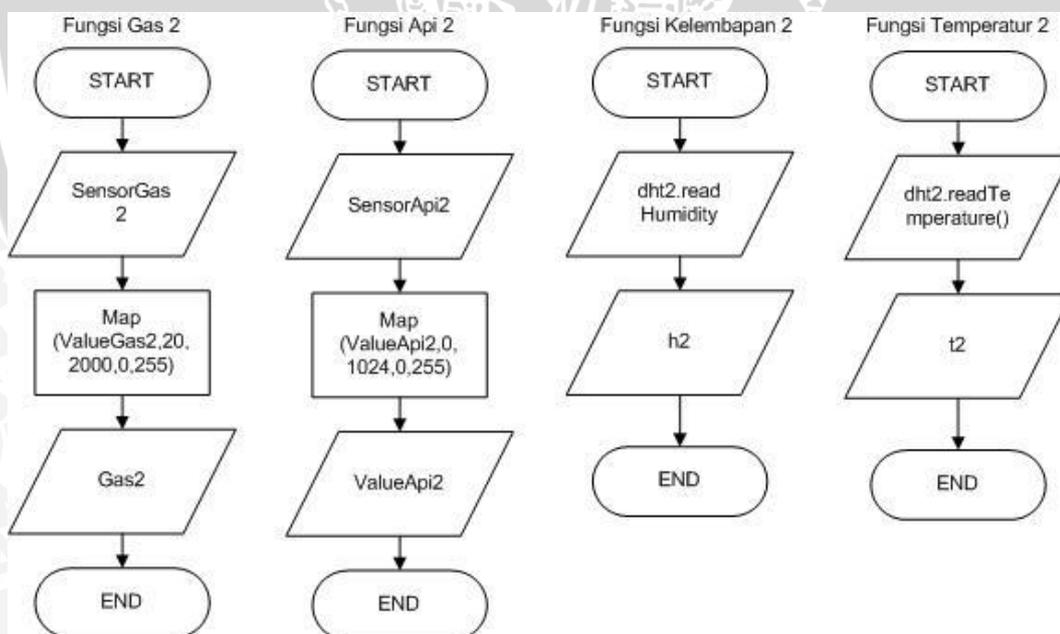
Gas 2,Api 2,Lembab 2,Temp 2 merupakan sensor pada area 2

Gambar 4.5 Fungsi paket dan kirim

Sedangkan fungsi untuk mengambil data dari sensor dapat dilihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7.



Gambar 4.6 Fungsi Sensor Bagian 1

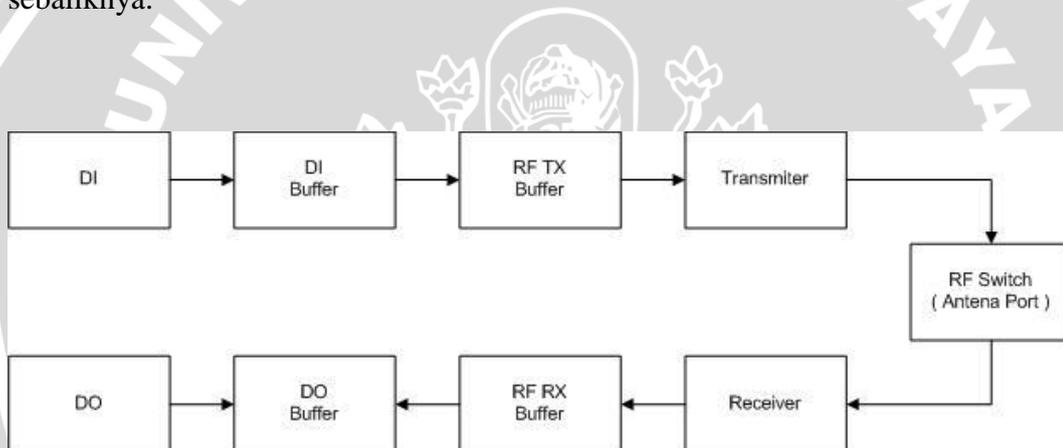


Gambar 4.7 Fungsi Sensor Bagian 2

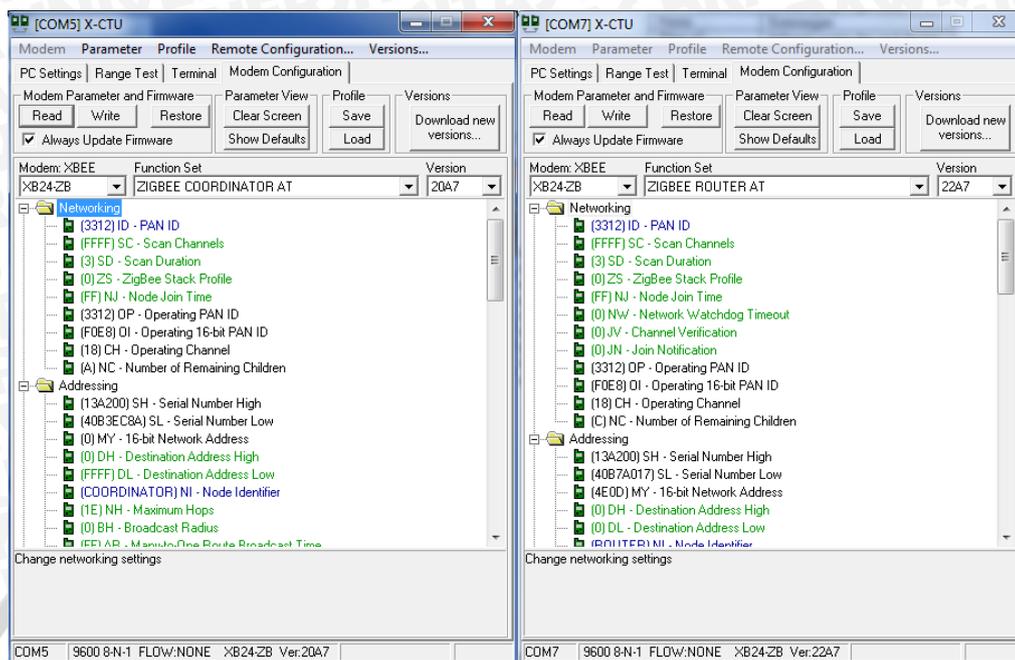
#### 4.1.8 Perancangan Komunikasi Zigbee

*Zigbee* dalam sistem ini akan menjadi titik fokus utama dikarenakan sebagai media kirim mengirim dari data yang didapatkan dari masing – masing sensor. Perancangan pada *device xbee* yaitu pemberian alat pada masing – masing tujuan, dimana akan disetting sebagai alamat *broadcast* atau *unicast*.

Dapat diketahui bahwa *xbee* memiliki pin-pin Tx dan Rx yang dapat terkoneksi secara langsung dengan mikrokontroler. Dari mikrokontroler tersebut akan terhubung dengan pin DIN dan DOUT pada *xbee*. Data yang masuk akan melalui DIN dan akan tersimpan terlebih dahulu pada buffer dan RF Tx buffer sebelum ditransmisikan via port antenna menuju *xbee* lainnya, begitu juga sebaliknya.



Gambar 4.8 Diagram Alir Xbee



**Gambar 4.9** Konfigurasi XCTU AT mode

### Konfigurasi XCTU

Pada *xbee* harus dilakukan konfigurasi lewat *xctu* agar *xbee* dapat berkomunikasi dengan *xbee* yang lainnya. Dapat dilihat pada gambar 4.9 konfigurasi tersebut merupakan konfigurasi *node router* dengan *node coordinator* dengan mode AT. Dari konfigurasi tersebut terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Modem *Xbee*  
Pilih jenis *device* yang digunakan
2. *Function Set*  
Pilih settingan yang akan diimplementasikan pada *device*
3. PAN ID  
ID dalam satu area network , PAN ID tiap – tiap *xbee* harus sama dalam satu area network
4. *DH* – *Destination address high* dan *DL* - *Destination address low*  
Set alamat tujuan dan sumber komunikasi *Node Identifier*  
Pemberian nama untuk masing – masing *node*

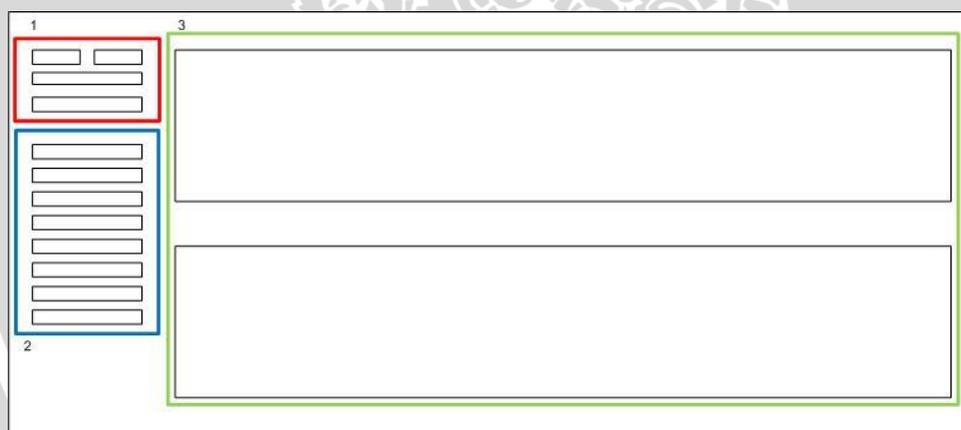
Set broadcast

*DL (Destination Low Address) = 0x0000FFFF*

*DH (Destination High Address) = 0x00000000 (default value)*

#### 4.1.9 Perancangan User Interface

Perancangan *user interface* ini dapat dikatakan sebagai perancangan aplikasi berupa tampilan pada delphi yang menyuguhkan informasi yang telah didapat dari masing – masing *node*. Perancangan ini hanya terdapat satu bagian yang akan menampilkan data secara menyeluruh. *user interface* ini nantinya akan dioperasikan oleh seorang user yang dimana akan memegang kendali keseluruhan informasi. Data – data yang di didapat akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dimana akan memberi kemudahan user untuk melihat perubahan data yang ada. Desain tampilan antar muka dari aplikasi ini nanti dapat dilihat seperti gambar 4.10.



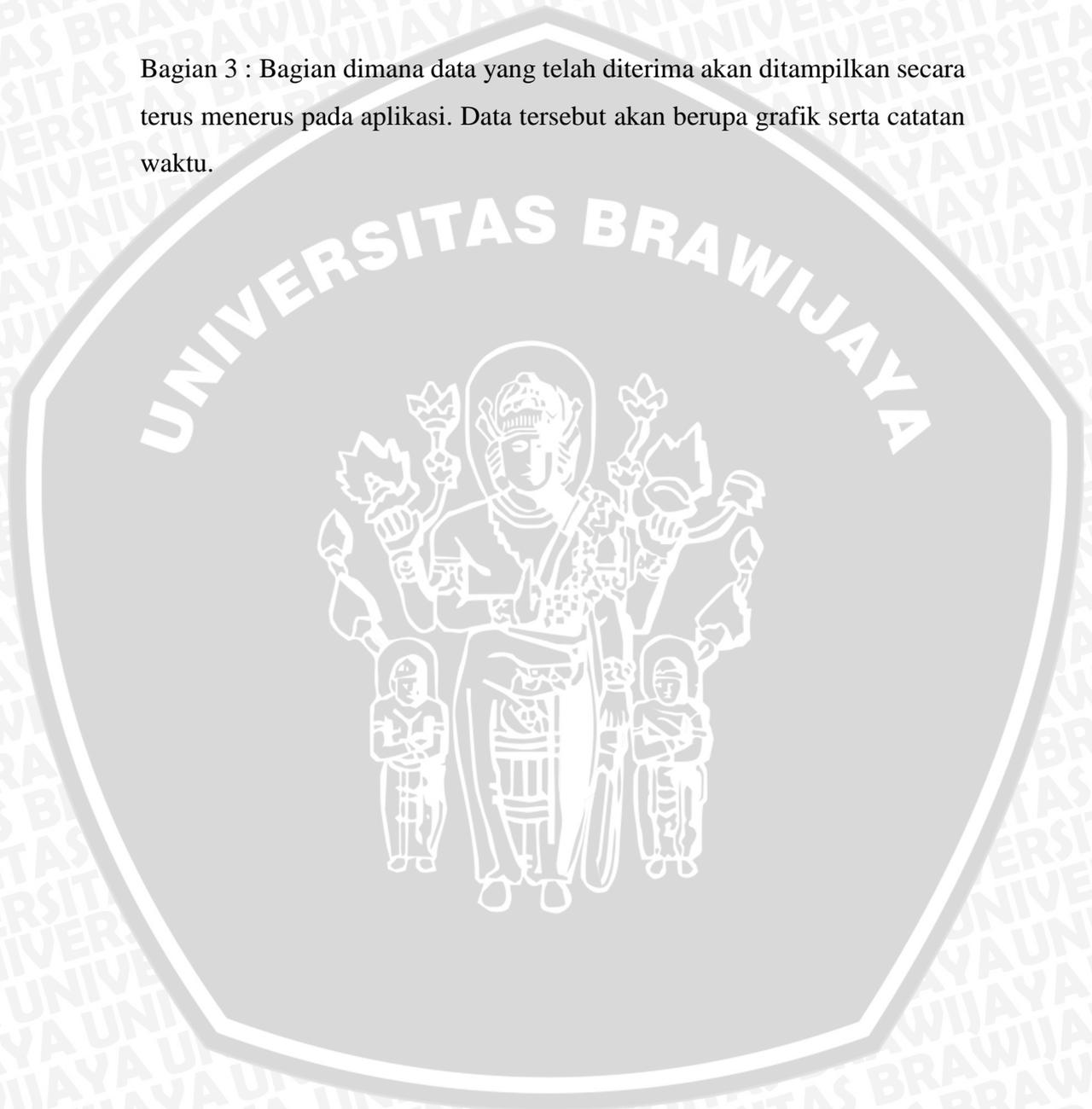
**Gambar 4.10** Desain Tampilan User Interface

Pada gambar tersebut terdapat beberapa bagian, seperti :

Bagian 1 : Dimana 4 kolom seting untuk mengatur dan sinkronisasi aplikasi dengan PC. Seperti kolom *COM*, kolom *BaudRate*, kolom *connect* dan kolom *close*.

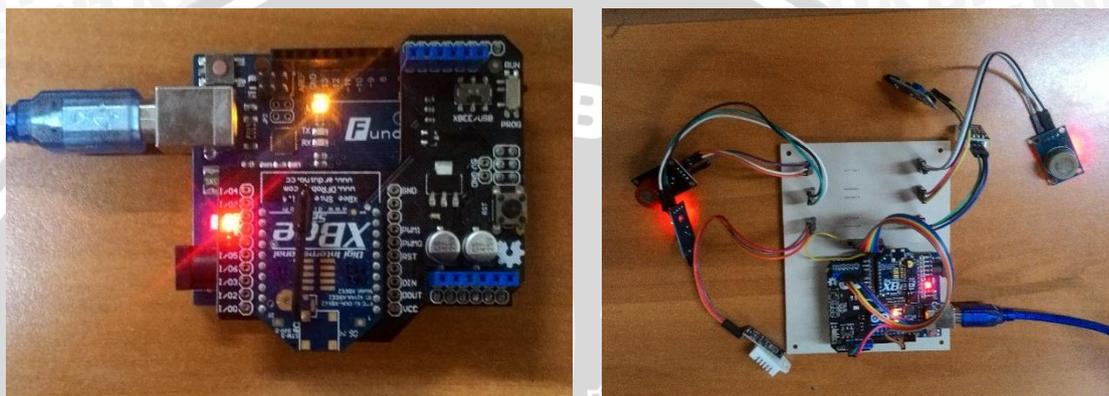
Bagian 2 : Pada bagian ini terdapat 8 bagian yang dimana semua kolom merupakan nilai – nilai dari sensor yang telah diterima dan akan di tampilkan pada aplikasi.

Bagian 3 : Bagian dimana data yang telah diterima akan ditampilkan secara terus menerus pada aplikasi. Data tersebut akan berupa grafik serta catatan waktu.



## 4.2 Implementasi

Pada implementasi akan memaparkan pengimplementasian bagian dari sistem. Implementasi yang mendetail dimulai dari implementasi hardware yang meliputi sensor gas, sensor api, sensor *temperature* dan kelembaban, begitu juga dengan implementasi software yang digunakan sebagai *user interface* dari sistem monitoring unsur kebakaran hutan ini.



(a)

(b)

**Gambar4.11** Tampilan Fisik (a) *Coordinator* dan (b) *Router*

### 4.2.1 Implementasi Sensor Gas

Pada sensor gas (MQ 7) ini akan dihubungkan pin *output* dari modul sensor yang telah ada ke pin analog *input* pada arduino. Selain pin *input* sensor juga akan disambungkan pada vcc dan *ground* yang ada pada modul sensor ke pin vcc dan pin *ground* yang ada di arduino.

Pada pin *output* sensor akan ditanamkan pada pin *input* analog arduino, hal tersebut dikarenakan sensor gas (MQ 7) memiliki *output* berupa nilai analog. Nilai ini haruslah di rubah menjadi digital melalui *Analog Digital Converter (ADC)* yang terdapat dalam arduino, ADC yang dimiliki arduino ini merupakan ADC 10bit. Dalam penerapannya sensor gas pada *node 1* akan diletakkan pada pin A0 sedangkan bagian *node 2* diletakkan pada pin A2.

### 4.2.2 Implementasi Sensor Api

Pada sensor api ini akan dihubungkan pin *output* dari modul sensor yang telah ada ke pin analog *input* pada arduino. Selain pin *input* sensor juga akan

disambungkan pada vcc dan *ground* yang ada pada modul sensor ke pin vcc dan pin *ground* yang ada di arduino.

Sensor analog satu ini tidak berbeda dengan sensor analog yang lain, pin *output* sensor akan ditanamkan pada pin *input* analog pada arduino yaitu pada pin A1 pada *node* 1 dan pin A3 untuk *node* 2. Sebelum karena *output* dari sensor merupakan data analog maka perlu di rubah menjadi digital melalui ADC yang terdapat pada arduino agar tersebut agar dapat di modifikasi, di manipulasi dan mengubah karakteristiknya.

#### 4.2.3 Implementasi Sensor *Temperature* dan Kelembaban

Sensor *Temperature* dan Kelembaban (DHT 22) ini merupakan jenis sensor digital 8 bit. Pada *output* pada sensor ini akan dihubungkan pada pin digital yang terdapat di arduino untuk *node* 1 pada pin 3 dan *node* 2 pada pin 4. Karena *output* sensor merupakan nilai digital jadi tidak diperlukan perubahan lagi dengan ADC seperti halnya sensor analog sebelumnya. Selain itu sensor akan dihubungkan pada pin vcc dan *ground* yang terdapat pada arduino.

#### 4.2.4 Implementasi Algoritma FCFS

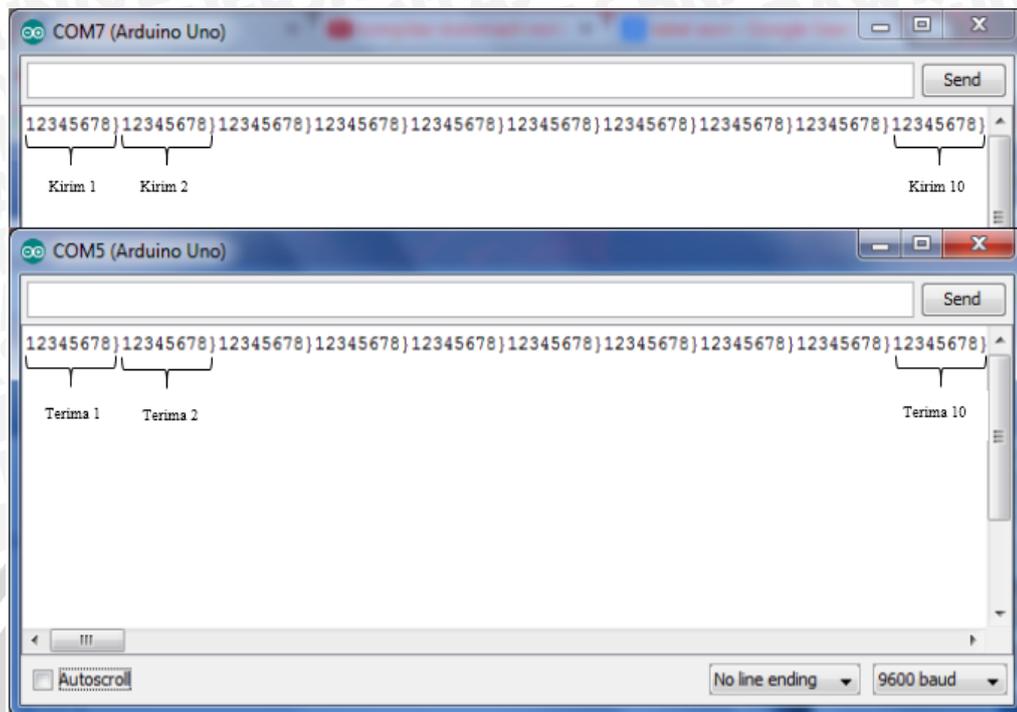
Algoritma FCFS ini akan diimplementasikan pada *array* dalam *node*. *Array* ini akan mengumpulkan data dari tiap – tiap sensor yang dimana akan dikumpulkan dahulu sebelum dikirimkan. Penimplementasian algoritma pada *array* memiliki fungsi agar data pertama dari tiap – tiap sensor diproses terlebih dahulu hingga selesai, setelah selesai lantas akan mengeksekusi data yang lain. Pada sistem ini *array* terdiri dari 12 index yang masing – masing telah ditentukan untuk tiap – tiap sensor.

```
END_DEVICE2 $
56   data[0]= '1';//Gas1;
57   data[1]= '2';//ValueApil;
58   data[2]= '3';//h1;
59   data[3]= '4';//t1;
60   data[4]= '5';//Gas2;
61   data[5]= '6';//ValueApi2;
62   data[6]= '7';//h2;
63   data[7]= '8';//t2;
64   data[8]= ')';
65
66   }
67
68   void kirim ()
69   {
70       for( int i=0; i<9; i++)
71       {
72           Serial.print(char(data[i]));
73       }
74   }
```

Gambar 4.12 Source Code Array dan Pengiriman Data

```
COORDINATOR $
1   String inputString = "";
2   boolean stringComplete = false;
3   byte data[9];
4
5   void setup() {
6       Serial.begin(9600);
7       inputString.reserve (9);
8       //Serial.print("MONITORING KEBAKARAN HUTAN!");
9
10  }
11
12  void loop()
13  {
14      if(Serial.available() > 0)
15      {
16          char temp = Serial.read();
17          Serial.print(char(temp));
18          inputString += temp;
19          if(temp=='\n');
```

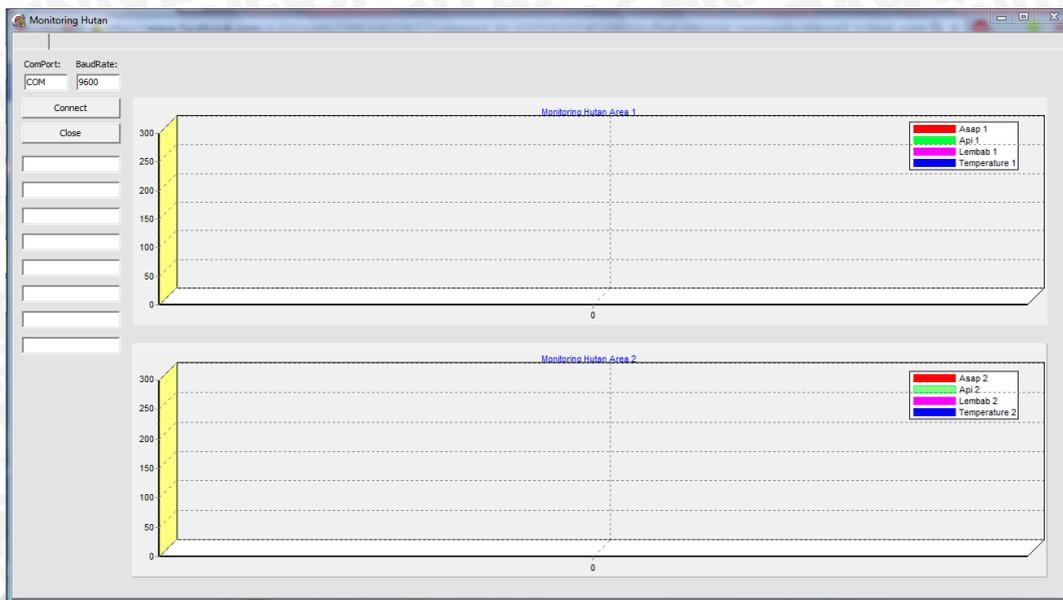
Gambar 4.13 Source Code Penerimaan Data



**Gambar 4.14** Hasil Implementasi Algoritma *FCFS* *COM 7* Pengirim dan *COM 5* Penerima

#### 4.2.5 Implementasi *User interface*

Implementasi *user interface* pada sistem ini menggunakan delphi 7. Pada *user interface* ini akan menampilkan dat keseluruhan dari arduino yang diambil dari tiap – tiap sensor. Pada *user interface* hanya terdapat satu fitur utama tanpa ada fitur yang lain. Penampilan interface dari *user interface* dapat dilihat dari gambar 4.15.



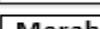
**Gambar 4.15** Tampilan Sistem Infomasi

Pada penampilan interface tersebut terdapat beberapa tombol dan box. Fitur – fitur dari *user interface* tersebut yaitu diantaranya :

1. *Box ComPort*  
Box tersebut digunakan untuk memilih comport yang akan digunakan secara manual.
2. *Box BaoudRate*  
Box baudrate itu sendiri digunakan untuk memilih baudrate yang sesuai dengan arduino.
3. *Connect*  
Tombol tersebut digunakan untuk menghubungkan aplikasi *user interface* ini dengan *device* yang telah ditentukan sebelumnya.
4. *Close*  
Tombol yang digunakan untuk menutup seluruh fungsi dari aplikasi ini.
5. 8 buah *Text Box*  
8 buah *text box* disini memiliki fungsi untuk manampilkan nilai yang akan ditampilkan pada *user interface*.

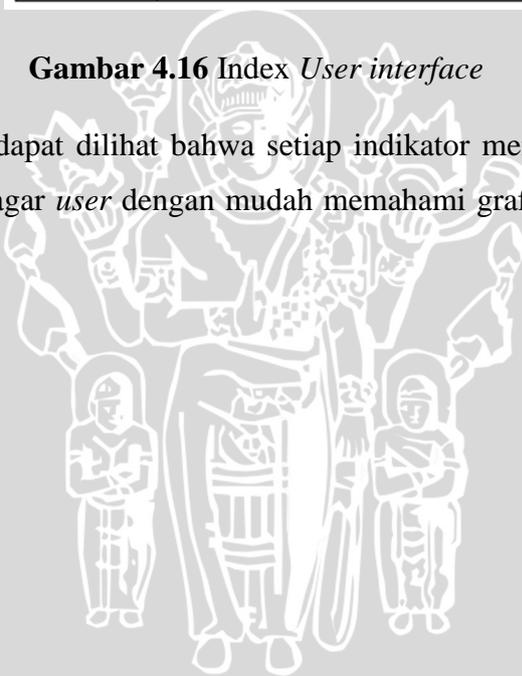
## 6. 2 Grafik

2 Grafik ini terbagi menjadi 2, grafik *node 1* dan *node 2* yang dimana akan menampilkan semua data yang diterima oleh aplikasi. Setiap grafik terdapat 4 series yang dimana masing – masing seris mewakili nilai sensor yang berbeda seperti ada gambar 4.15.

	Asap 1		Asap 2
	Apl 1		Apl 2
	Lembab 1		Lembab 2
	Temperature 1		Temperature 2
Merah	Indikator Asap		
Hijau	Indikator Api		
Ungu	Indikator Kelembaban		
Biru	Indikator Temperatur		

**Gambar 4.16** Index *User interface*

Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa setiap indikator memiliki warna yang berbeda. Hal tersebut agar *user* dengan mudah memahami grafik yang ada pada *user interface*.



## BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini merupakan tahap dari pengujian dan analisis dari seluruh sistem yang telah selesai diimplementasikan. Segala proses pengujian dilakukan pada area yang telah di tentukan sebelumnya, yaitu Wana Wisata Nggrape Madiun. Pada pengujian ini akan dibagi beberapa pengujian selama 4 hari di pagi, siang dan ketika senja. Pada pengujian sistem akan dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian performa *node*, pengujian komunikasi disertai pengiriman data dari *node (end device)* ke *node pusat (coordinator)*, dan pengujian sistem secara keseluruhan terhadap kondisi – kondisi yang mungkin muncul pada lapangan.

Dari setiap pengujian memiliki tujuan masing – masing, seperti halnya Pengujian performa *node* yang dimana memiliki tujuan agar penulis mengetahui performa dari *node* itu sendiri dari segi waktu sensing hingga data siap dikirim dari *node coordinator* & dari data diterima *node router* hingga data ditampilkan. Pengujian komunikasi dari *node (router)* ke *node pusat (coordinator)* ini memiliki tujuan tersendiri juga, yaitu agar penulis mengetahui seberapa jauh daya jangkau sistem ini berkomunikasi agar dapat mengetahui pemetaan lapangan selanjutnya serta untuk mengetahui keberhasilan komputer menerima data ataupun keberhasilan *node* mengirim data. pengujian sistem secara keseluruhan terhadap kondisi – kondisi yang mungkin muncul pada lapangan, hal ini sangat penting dikarenakan pengujian ini akan membuktikan bagaimana sistem monitoring unsur kebakaran hutan ini merespon dari setiap kondisi yang mungkin ada. Selain hat tersebut dengan pengujian sistem secara menyeluruh pada area yang sebenarnya penulis dapat mengetahui bagaimana respon sistem terhadap alam ataupun keadaan yang sesungguhnya.

## 5.1 Pengujian Performa *Node*

Pengujian performa *node* pada tahan ini akan menguji performa waktu dari tiap – tiap *node* yaitu *node router* dan *node coordinator*. Pengujian ini akan menggunakan *timer* yang dimulai ketika program dijalankan. Pada *node router* akan dimulai ketika *node* melakukan *sensing* hingga data yang didapat siap untuk dikirim, sedangkan pada *node coordinator* dimulai ketika *node* menerima data hingga data siap ditampilkan.

### 5.1.1 Pengujian Performa *Node router*

Pengujian performa *node router* dilakukan agar penulis dapat mengetahui performa *node router* dimulai dari pembacaan sensor hingga mempersiapkan data untuk siap dikirim menuju *node coordinator*. Pada pengujian ini akan menghasilkan performa waktu ketika sensor membaca situasi hingga data yang didapat dimasukkan dalam *array* dan siap untuk dikirim. Waktu eksekusi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penulis untuk menentukan manajemen waktu sistem monitoring unsur kebakaran hutan. Dalam pengujian tersebut akan menggunakan timer millis dengan pembacaan 50 data yang dilakukan sebanyak 5 kali. Dari pengujian tersebut didapatkan waktu eksekusi seperti pada tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Hasil Pengujian Performa *Node Router*

Pengujian	Contoh Data								Jumlah Data	Rata – Rata Waktu (ms)
	Gas1	Api1	Tem1	Kel1	Gas2	Api2	Tem2	Kel2		
1	10	253	42	22	5	253	48	23	50	24.58
2	10	252	42	22	5	252	48	23	50	23.10
3	10	252	42	22	5	253	48	23	50	22.62
4	12	9	41	23	5	253	48	23	50	24.58
5	12	11	41	23	5	253	48	23	50	24.42
Rata - Rata										23.86

Dari pengujian performa *node router* didapatkan rata – rata waktu sebesar yaitu 23,86 ms.

### 5.1.2 Pengujian Performa *Node Coordinator*

Pengujian performa *node coordinator* dilakukan agar penulis dapat mengetahui performa *node coordinator* dimulai dari ketika menerima data sensor hingga mempersiapkan data untuk siap ditampilkan. Pada pengujian ini akan menghasilkan performa waktu ketika *node coordinator* menerima data dari *node router* hingga data siap untuk ditampilkan. Waktu eksekusi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penulis untuk menentukan manajemen waktu sistem monitoring unsur kebakaran hutan. Dalam pengujian tersebut akan menggunakan timer millis dengan penerimaan 50 data yang dilakukan sebanyak 5 kali. Dari pengujian tersebut didapatkan waktu eksekusi seperti pada tabel 5.6.

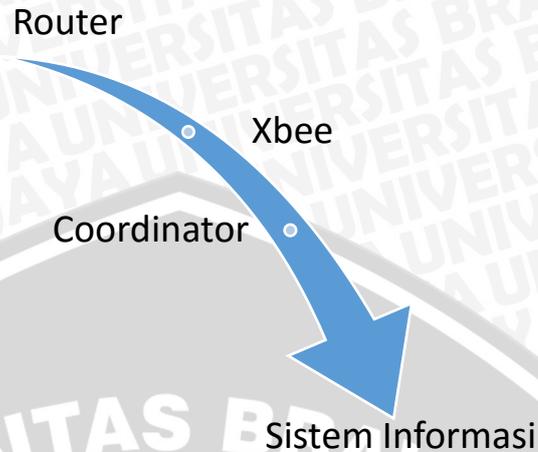
**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Performa *Node Coordinator*

Pengujian	Contoh Data								Jumlah Data	Rata – Rata Waktu (ms)
	Gas 1	Api 1	Tem 1	Kel 1	Gas 2	Api 2	Tem 2	Kel 2		
1	10	253	42	22	5	253	48	23	50	19.48
2	10	252	42	22	5	252	48	23	50	18.84
3	10	252	42	22	5	253	48	23	50	19.62
4	12	9	41	23	5	253	48	23	50	19.60
5	12	11	41	23	5	253	48	23	50	19.32
Rata - Rata										19.37

Dari pengujian performa *node coordinator* didapatkan rata – rata waktu sebesar yaitu 19,37ms.

### 5.2 Pengujian Komunikasi Paket Data dan *Round Trip Time (RTT)*

Pengujian pengiriman data dari *node router* ke *node coordinator* akan dilakukan secara *wireless* menggunakan media *xbee*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan komputer menerima data ataupun keberhasilan *node* mengirim data untuk ditampilkan pada *user interface* yang ada. Pada pengujian ini *node coordinator* akan menerima data sensor yang dikirim oleh *node router* yang bersangkutan.



**Gambar 5.10** Proses Pengiriman Data

Dalam pengujian ini, sensor akan dihadapkan akan keadaan tertentu, seperti halnya timbul asap, adanya api, kenaikan *temperature* ataupun kombinasi dari beberapa keadaan. Setelah sensor menerima perubahan kondisi maka tiap data akan dimasukkan dalam *array* pada *node*. Setelah *array* penuh maka fungsi kirim akan mengirimkan data menuju *node* pusat dan ketika *xbee available* maka data akan dikirim melalui serial komunikasi. Pada *node* pusat data yang diterima akan dimasukkan pada sebuah *buffer* yang dimana untuk menampung data sebelum ditampilkan dan akan dirubah dalam bentuk string. Setelah data diterima dan ditampilkan maka *buffer* pada *node* pusat akan dikosongkan kembali.

Pada pengujian ini akan menguji seberapa jauh komunikasi ini dapat berlangsung secara nyata pada lokasi hutan. Pengujian ini bertujuan agar penulis mengetahui berapa jarak maksimal sistem ini dapat berkomunikasi di dalam hutan. Selain hal tersebut dengan diujinya jarak komunikasi penulis dapat mengetahui peletakan *device* sistem yang tepat pada penerapannya. Hasil pengujian komunikasi paket data dapat dilihat pada tabel 5.6 .

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Simulasi Komunikasi

Pengujian	Jarak	Data Dikirim	Data Diterima	Status
1	10 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
2	15 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
3	20 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
4	25 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
5	30 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
6	35 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
7	40 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
8	45 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
9	50 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
10	55 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
11	60 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
12	65 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
13	70 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
14	75 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)

15	80 meter	0123456789;;	0123456789;;	complete (100%)
16	81 meter	0123456789;;	-	loss
17	85 meter	0123456789;;	-	loss

Dari pengujian komunikasi paket data dapat didapatkan jarak maksimal komunikasi antar *node router* dan *node coordinator* pada keadaan hutan yaitu 80 meter.

Dalam pengujian komunikasi paket data ini akan dilanjutkan dengan dengan pengujian RTT atau *Round Trip Time*. RTT atau *Round Trip Time* ini merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu sinyal atau paket data untuk berjalan dari sumber ke tujuan dan kembali lagi ke sumber. Pengujian RTT ini menggunakan 2 buah *node* yaitu *node router* dan *node coordinator* dengan jarak yang digunakan yaitu jarak maksimal yang didapat dari pengujian komunikasi paket data yaitu 80 meter. Pengujian ini dilakukan pada *single hop* pada area hutan *outdoor* dengan mengirimkan data dari *node router* menuju *node coordinator* dan *node coordinator* akan mengembalikan data tersebut kembali ke *node router*. Hasil dari pengujian RTT dapat dilihat pada tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Hasil Pengujian RTT atau *Round Trip Time*

Jarak	Data	Rata – Rata RTT	Status Paket Data
20 meter	5 (12 byte)	18.0 ms	complete (100%)
35 meter	5 (12 byte)	17.8 ms	complete (100%)
50 meter	5 (12 byte)	17.8 ms	complete (100%)
65 meter	5 (12 byte)	18.0 ms	complete (100%)

80 meter	5 (12 byte)	18.4 ms	complete (100%)
----------	----------------	---------	--------------------

Rata – rata RTT diatas didapatkan dari percobaan beberapa kali pengiriman dengan perhitungan **RTT = waktu penerimaan paket – waktu pengiriman paket**.

### 5.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara menyeluruh akan menguji sistem selama 4 hari. Pengujian ini akan menggunakan semua elemen yang telah dirangkai untuk membuktikan kinerja sistem. Dalam hal ini pengujian akan dilakukan secara langsung dalam hutan.

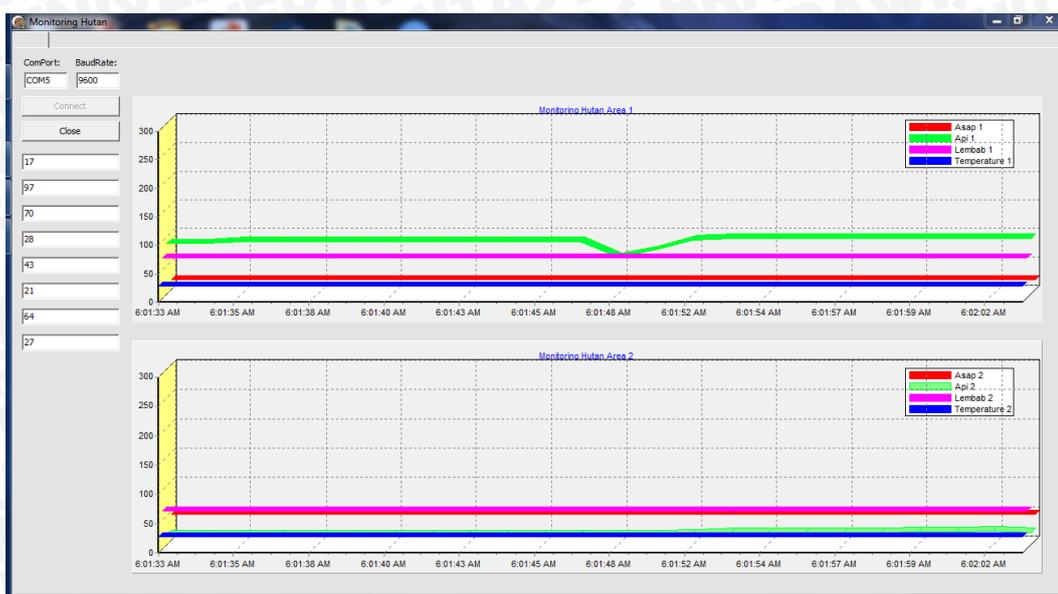
#### Tujuan Pengujian

Dalam pengujian ini bertujuan agar penulis mengetahui kinerja sistem secara menyeluruh akan kondisi lingkungan yang sesungguhnya. Selain hal tersebut agar penulis mengetahui kekurangan apa saja yang terdapat pada sistem ini.

#### Skenario Pengujian

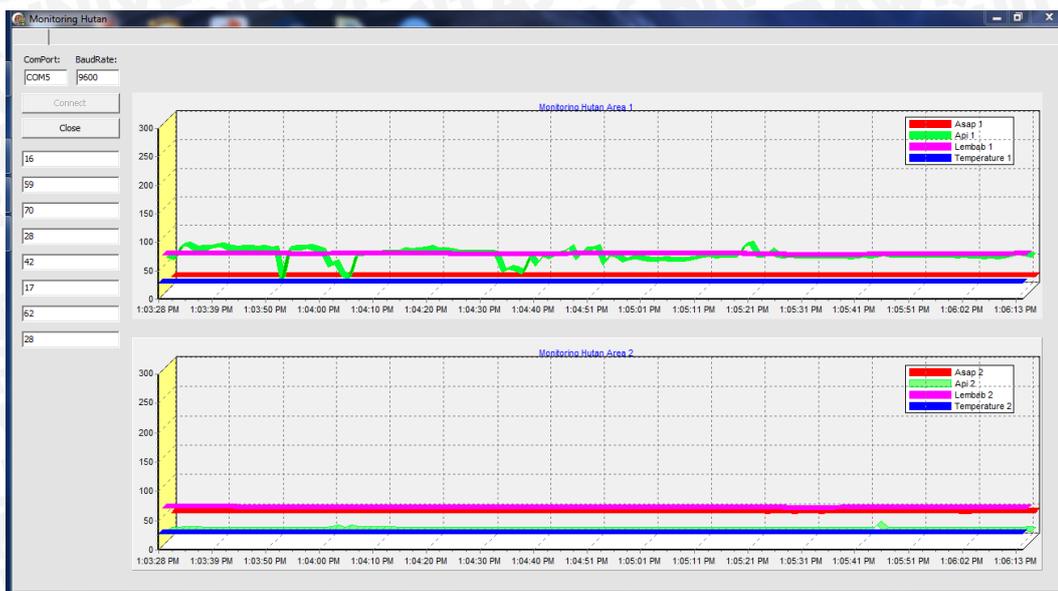
Pada skenario pengujian ini *node router* dengan sensor akan diletakkan pada sebuah tempat sekitar pohon dengan area yang teduh dan terhindar dari sinar matahari langsung. *Node* ini akan diberikan jarak 50 meter dari *node coordinator*, hal ini dikarenakan mengantisipasi jarak sensor yang terbatas agar semua area tercakup. Setelah *node* berada pada lokasi yang telah ditentukan maka *node* router akan mendapatkan perlakuan tertentu untuk mengetahui respon sensor dan pengiriman data yang dilakukan oleh sistem.

Dalam pengujian ini akan diambil dalam beberapa waktu, untuk hasil pengujian dapat dilihat pada grafik – grafik yang ada.



**Gambar 5.11** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 06:01 wib

Pada percobaan hari pertama pukul 06:01 wib peletakan sensor dilakukan ditempat berbeda. Sensor pertama yang sebagai area 1 diletakkan di daerah redup dengan halang agar bebas dari paparan sinar matahari, sedangkan sensor untuk area 2 diletakkan dalam kondisi yang terkena paparan sinar matahari. Dalam perngujian ini akan dititik beratkan pada perubahan sensor api yang dimana akan membedakan ketika sensor terkena sinar matahari langsung dan ketika tidak terkena paparan sinar matahari. Index merah dimana sebagai parameter sensor api pada area satu menunjukkan nilai sensor dalam range 80 – 90 dimana menunjukkan bahwa area 1 tidak terkena paparan sinar matahari / bebas api. Dalam area 2 menunjukkan bahwa nilai sensor sangat kecil berkisar 20 – 21 yang berarti bahwa area 1 terdapat titik api / paparan sinar matahari.



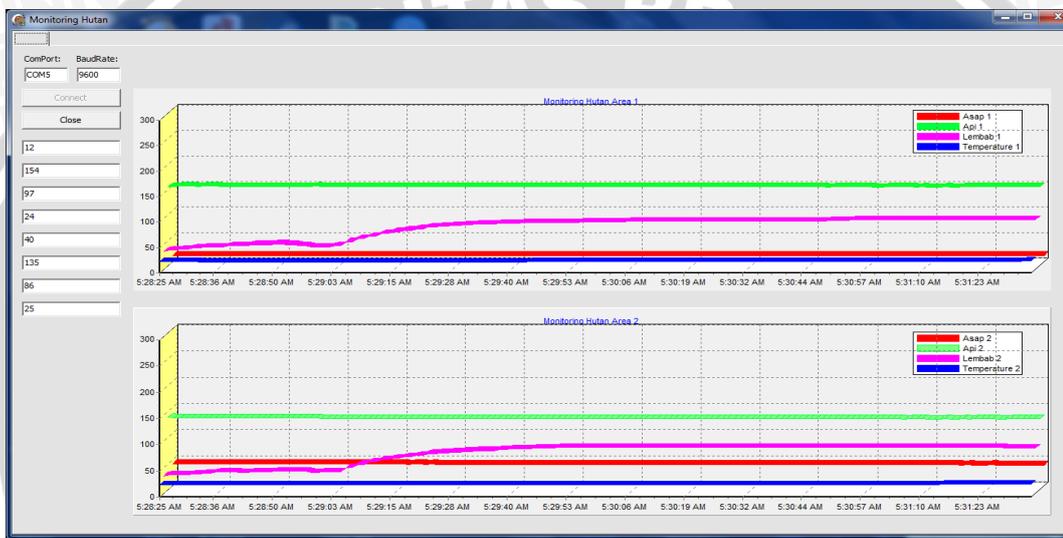
**Gambar 5.12** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 13:03 wib

Pada pengujian hari pertama pada pukul 13:03 wib dapat dilihat bahwa terjadi perubahan pada garfik area 1 dengan warna hijau yang menandakan reaksi dari sensor api. Pada waktu tersebut sensor api nilainya tidak stabil hal tersebut dikarenakan adanya angin pada saat itu. Hal ini terjadi apabila terdapat api maka api dalam kondisi bergerak karena adanya api namun tanpa adanya asap. Sedangkan pada grafik area 2 tidak terjadi perubahan apapun karena pada sis area 2 diperlakukan tanpa adanya kondisi tertentu.



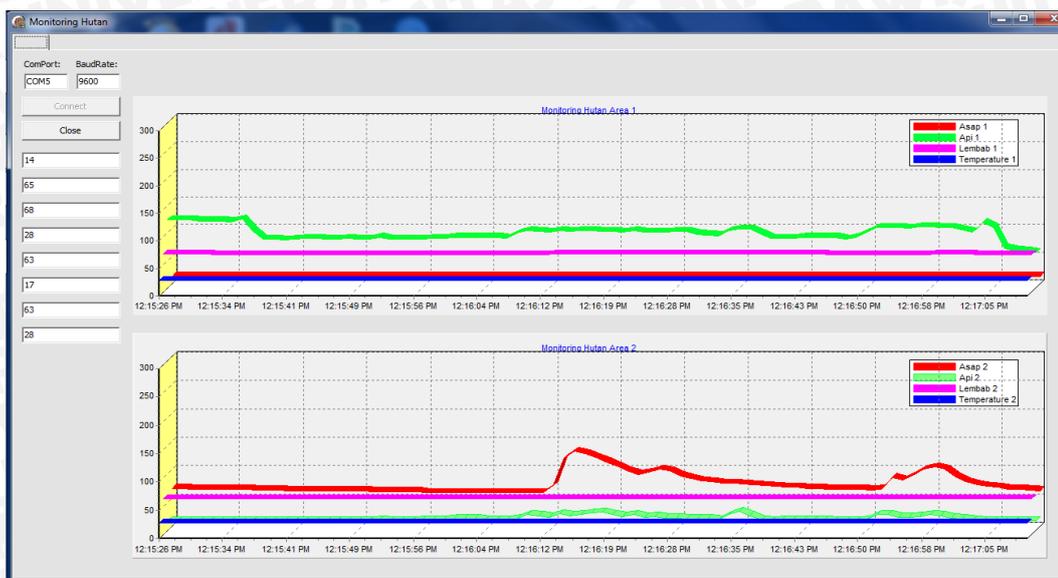
**Gambar 5.13** Hasil Pengujian Hari pertama pukul 17:10 wib

Pengujian terakhir pada hari pertama yaitu pada pukul 17:10 yang dimana merupakan kondisi pada 2 area disamakan yaitu pasca asap. Dapat dilihat pada kedua grafik area pada indeks api menunjukkan bahwa nilai tinggi yang menandakan keadaan gelap atau dapat dikatakan tidak adanya api. Dilain pihak pada indeks asap dapat dilihat bahwa adanya penurunan nilai yang menyatakan bahwa sebelumnya telah teridentifikasi adanya asap namun asap tersebut hilang dengan dilihatnya grafik asap menurun dan pada indeks *temperature* dan kelembaban menunjukkan kestabilan nilai tanpa perubahan.



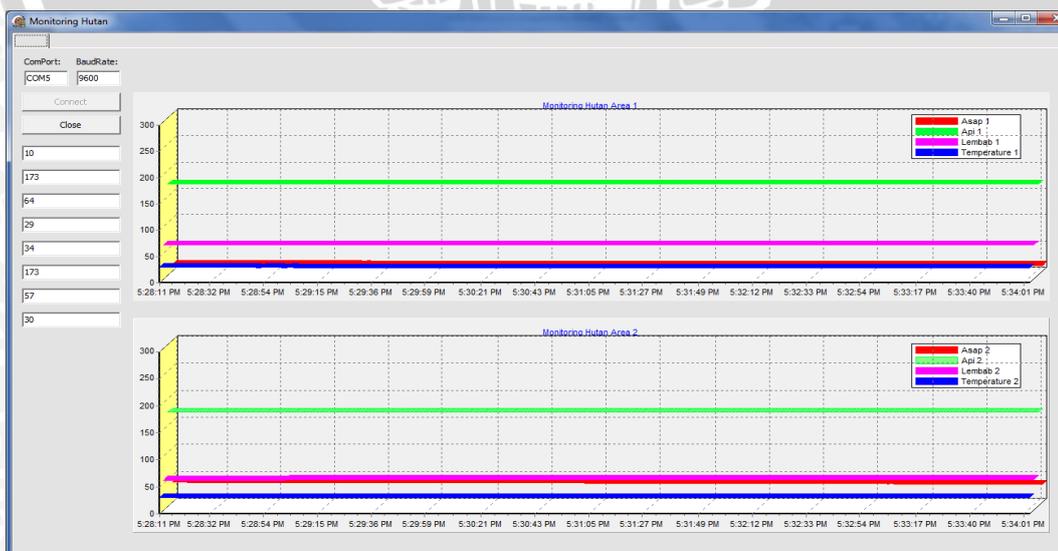
**Gambar 5.14** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 05:20 wib

Pengujian pada hari ke dua pada pukul 05:20 wib dimana kondisi masih jauh dari sinar matahari. Pada pengujian ini area 1 dan area 2 aka memiliki kondisi yang sama. Selang beberapa detik setelah sistem dimulai terjadi kenaikan pada indeks kelembaban yang mulai naik secara perlahan dari 50 % hingga kisaran 70%, hal tersebut menunjukkan bahwa pada area tersebut memiliki kondisi yang lembab yang diarena embun. Pada indeks *temperature* nilai stabil pada angka kisaran 28°c dan pada indeks gas dan api sangat stabil tanpa ada perubahan.



**Gambar 5.16** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 12:15 wib

Pengujian hari kedua pada pukul 12:15 wib dimana pada pengujian ini area 1 dan area 2 memiliki perlakuan yang berbeda. Dimana pada area 1 diberikan perlakuan adanya api dan pada area 2 kondisi terdapat asap. Hasil dari pengujian pada area 1 dengan adanya api maka dan angin yang bergerak didapat nilai yang tak stabil dan bertahap. Disisi area 2 diberikan kondisi asap pada lingkungan terbuka denga adanya angin dan konsentrasi yang tidak stabil, didapat hasil bahwa nilai pada index asap juga tidak bisa stabil atau naik turun.



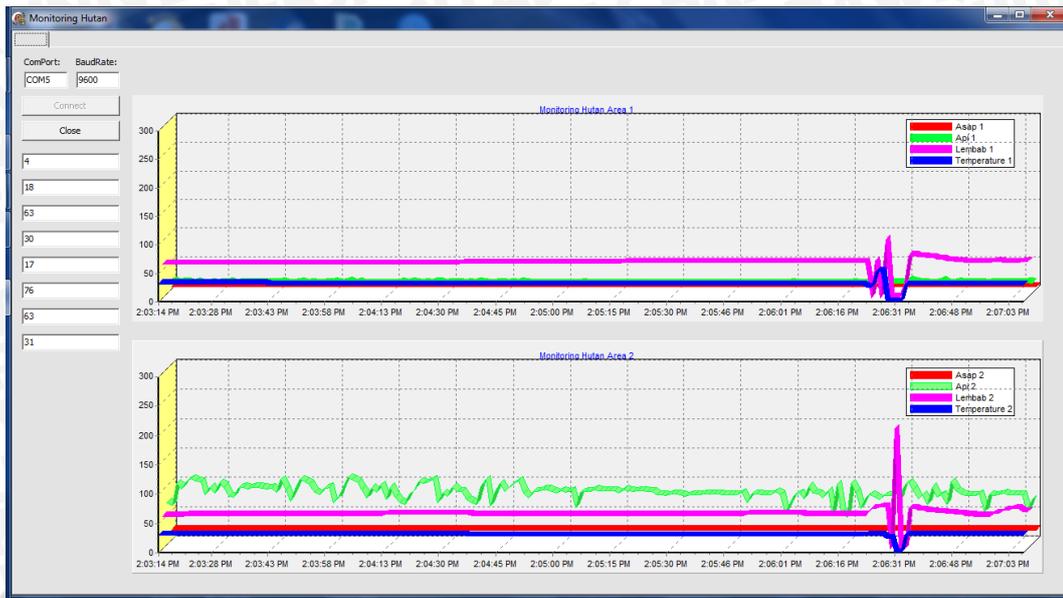
**Gambar 5.17** Hasil Pengujian Hari kedua pukul 17:59 wib

Pengujian terakhir pada hari kedua dimana dilakukan pukul 17:59 dengan kondisi cukup gelap dengan ditunjukkan indek api yang tinggi, hal tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya keberadaan api dikeadua area. Pada kedua area tidak terdapat perlakuan apa pun sehingga untuk indek gas, *temperature* dan kelembaban stabil pada nilainya.



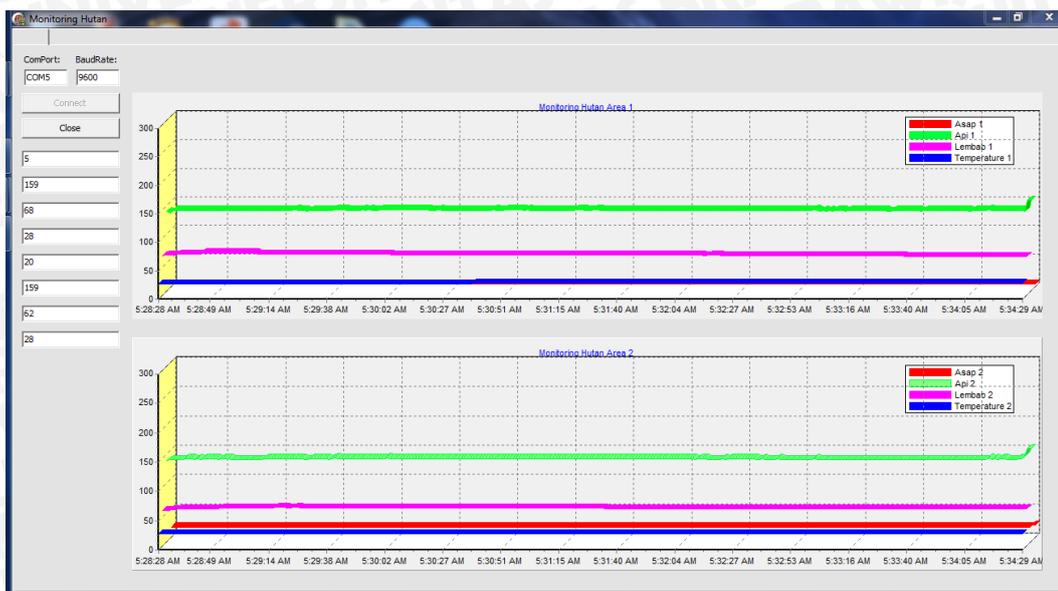
**Gambar 5.18** Hasil Pengujian Hari ketiga pukul 09:38 wib

Pengujian hari ketika pukul 09:38 pada pengujian ini penguji memperlakukan area 1 dan 2 dengan perlakuan yang sama yaitu mengingkan kelembaban dan *temperature* adanya perubahan. Hasil dari pengujian ini *temperature* dan kelembaban berubah tidak begitu signifikan karena perlakuan alami dari lingkungan. Disislain dari index gas membuktikan bahwa tidak terdeteksi adanya gas atau asap namun pada index api stabil pada nilai dimana nilai tersebut menandakan adanya api.



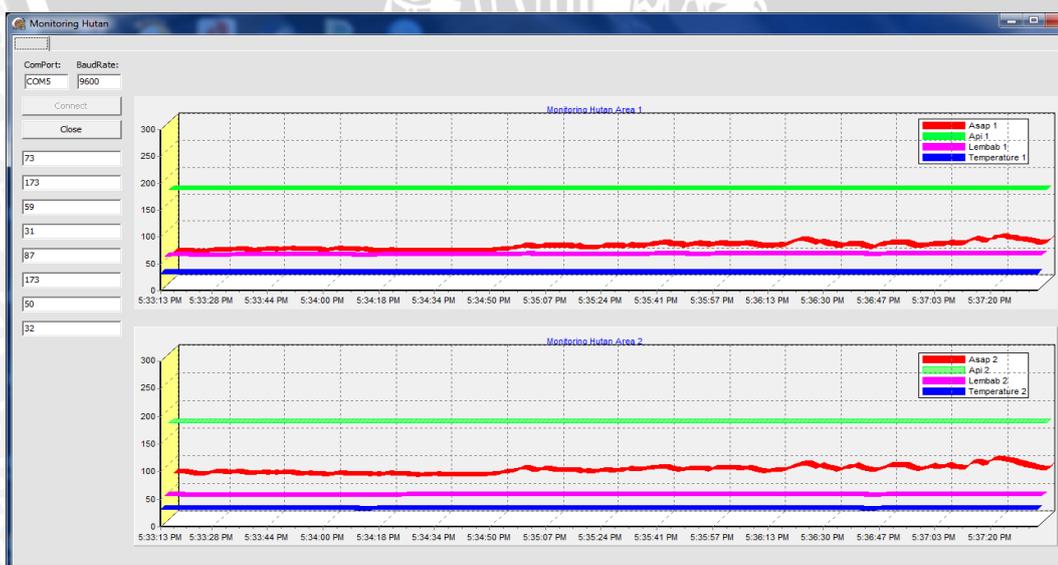
**Gambar 5.19** Hasil Pengujian Hari ketiga pukul 14:03 wib

Pengujian hari ketika pukul 14:03 yang dimana akan menguji sistem dengan jarak maksimal yaitu 80 meter dengan perlakuan area 1 dengan adanya api tanpa gas, *temperature* dan kelembaban dan area 2 dengan adanya api yang bergerak serta tanpa gas, *temperature* dan kelembaban. Hasil pengujian dapat dilihat bahwa pada area 1 nilai api langsung stabil dengan nilai dibawah 30 yang menandakan adanya api, sedangkan pada area 2 nilai api tidak stabil karena api bergerak pengujian ini mengabaikan kondisi lingkungan. Pada kedua area terdapat 1 titik dimana terdapat loss data dimana pada 14:06.



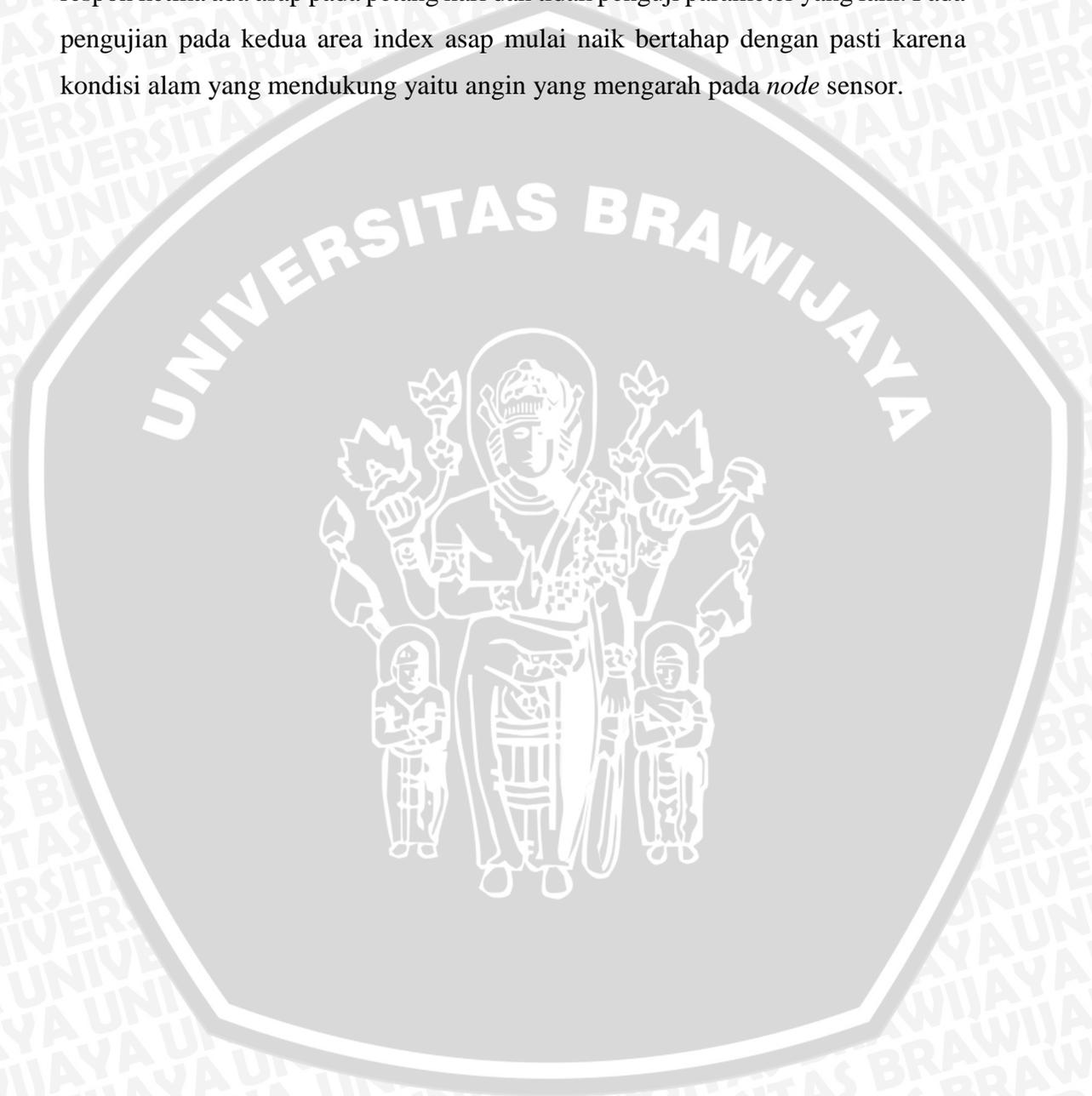
**Gambar 5.20** Hasil Pengujian Hari keempat pukul 05:28 wib

Pengujian hari keempat pukul 05:28 pengujian akan dilakukan dengan perlakuan yang sama yaitu ketika keadaan pagi. Pada kedua area akan diperlakukan sama tanpa ada penambahan perlakuan untuk menaikkan ataupun menurunkan parameter. Dari data hasil pengujian semua index berada pada level stabil. Satu index yang berada di atas normal yaitu kelembaban. Dua kali pengujian pada pagi hari kelembaban selalu naik, ini dapat dipastikan bahwa kelembaban akan naik ketika pagi hari.



**Gambar 5.21** Hasil Pengujian Hutan keempat pukul 17:33 wib

Pengujian hari terakhir dilakukan pukul 17:33 disini akan melakukan pengujian dengan kedua area yang diberi perlakuan yang sama untuk melihat respon ketika ada asap pada petang hari dan tidak penguji parameter yang lain. Pada pengujian pada kedua area index asap mulai naik bertahap dengan pasti karena kondisi alam yang mendukung yaitu angin yang mengarah pada *node* sensor.



## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi serta pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan Sistem Monitoring Unsur Kebakaran Hutan dapat diwujudkan dalam sebuah prototype dengan *Wireless Sensor Network (WSN)* dan *xbee* menjadi *device* komunikasinya.
2. Berdasarkan pengujian komunikasi paket data, Sistem Monitoring Unsur Kebakaran Hutan dapat bekerja dalam jangkauan komunikasi dalam jarak maksimal 80 meter dalam hutan.
3. Berdasarkan pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan bahwa sistem ini dapat mengenali unsur kebakaran hutan dengan multiparameter yang memanfaatkan sensor gas (MQ 7), sensor api, sensor *temperaturee* dan kelembaban (DHT 22).
4. Data pengujian dari komunikasi antar 2 *node* didapatkan 100 % data terkirim dalam jarak 80 meter dengan pengiriman 12 byte data lantas diterima kembali 12 byte data dan 0 % data terkirim pada 81 meter.
5. Pada pengujian RTT atau Round Trip Time pada 2 *node* didapatkan waktu rata – rata 18.4 ms pada jarak maksimal yaitu 80 meter.

### 6.2 Saran

1. Untuk pengembangan lebih lanjut, diharapkan Sistem Monitoring Unsur Kebakaran Hutan bisa dimplementasikan dalam perangkat jaringan yang memiliki cakupan lebih luas.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut dari Sistem Monitoring Unsur Kebakaran Hutan dapat menggunakan *device* sensor yang memiliki jangkauan jarak lebih luas seperti sensor UVtron yang dapat menjangkau jarak hingga 5 meter.

3. Dalam membangun Sistem Monitoring Unsur Kebakaran Hutan agar dapat menggunakan topologi jenis yang lain seperti topologi mesh, topologi star, topologi ring, topologi tree dan topologi bus.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aosong(Guangzhou) Electronics Co., L. (n.d.). Retrieved from AOSONG:  
[www.aosong.com](http://www.aosong.com)
- Badamasi, Y. A. (2014). The Working Principle Of An Arduino. *IEEE*, 1-4.
- Bahri, S. (2002). KAJIAN PENYEBARAN KABUT ASAP KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI WILAYAH SUMATERA BAGIAN UTARA DAN KEMUNGKINAN MENGATASINYA DENGAN TMC. *BPPT*, 3.
- Cantu, M. (2009). *DELPHI 2010 HANDBOOK*. Piacenza (Italy): Wintech Italia Sr.
- Djuandi, F. (2011). *Pengenalan Arduino ( Tingkat Pemula )*. Elexmedia;  
[www.tobuku.com](http://www.tobuku.com).
- Glover, D., & Jessup, T. (2002). *Mahalnya Harga Sebuah Bencana Kerugian Lingkungan Akibat Kebakaran dan Asap di Indonesia*. Ario Tranggono, Penerbit ITB Bandung.
- Hadiyoso, S., Rizal, A., Aulia, S., & Sofie, M. (n.d.). Studi Level Daya Pada Perangkat Zigbee Untuk Kelayakan Aplikasi Realtime Monitoring .
- Hariyawan, M. Y., Gunawan, & Putra, E. (n.d.). Implementasi *Wireless* Sensor Network untuk Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Telematik*, Vol.5; ISSN: 2085-0697 , 2.
- Jennifer Yick, B. M. (2008). *Wireless sensor network survey*. *ScienceDirect*, 1.
- Katia. (2015). *Arduino Board UNO*. Retrieved from Arduino:  
<http://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUNO>
- MADCOMS. (2006). *Seri Panduan Pemrograman : Pemrograman Borland Delphi 7*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Martina, I. I. (2004). *36 jam Belajar Komputer Delphi 7*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Nugroho, R. B., Susanto, E., & Sunarya, U. (2014). *Wireless Sensor Network for Prototype of Fire Detection*. *IEEE*, 1-6.

Putra, A. E. (2002). *Belajar Mikrokontroller*. Yogyakarta: Gava Media .

Setyawan, D. (2013). *PEMETAAN ZONASI TINGKAT KERAWANAN KEBAKARAN HUTAN DI KAWASAN TAMAN NASIONAL BALURAN KABUPATEN SITUBONDO PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2013* . Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Shixing, L., & Defeng, T. (2009). *Multiparameter Fire Detection Based on Wireless Sensor Network* . *IEEE*, 1-4.

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013). *OPERATING SYSTEM CONCEPTS Ninth Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Sohraby, K., & Minoli, D. (2007). *Wireless Sensor Network , Technology, Protocols, and Applications*. Canada: Jhon Wiley and Sons,INC.,PUBLICATION.

Technical Data Sheet, D. (n.d.). Retrieved from DFRobot: <http://www.dfrobot.com/>

Technical Data Sheet, M. (n.d.). *sparkfun*. Retrieved from sparkfun: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ7.pdf>

Widiasrini, P., & Ferawati, T. R. (2005). *ZIGBEE: KOMUNIKASI WIRELESS BERDAYA RENDAH*. Universitas Gunadarma.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Hasil Pengujian *Node Router*

Data ke-	Data Sensor	Waktu (ms)
1	10 253 42 22 5 253 48 23	26
2	10 252 42 22 5 253 48 23	25
3	10 252 42 22 5 253 48 23	25
4	10 253 42 22 5 253 48 23	24
5	10 252 42 22 5 253 48 23	26
6	10 252 42 22 5 253 48 23	25
7	10 252 42 22 5 253 48 23	25
8	10 252 42 22 5 253 48 23	24
9	10 252 42 22 5 253 48 23	26
10	10 252 42 22 5 253 48 23	25
11	10 252 42 22 5 253 48 23	26
12	10 252 42 22 5 253 48 23	24
13	10 252 42 22 5 253 48 23	25
14	10 252 42 22 5 253 48 23	25
15	10 253 42 22 5 253 48 23	26
16	10 252 42 22 5 253 48 23	24
17	10 252 42 22 5 253 48 23	25
18	10 252 42 22 5 253 48 23	25
19	10 252 42 22 5 253 48 23	26
20	10 252 42 22 5 253 48 23	25
21	10 253 42 22 5 253 48 23	25
22	10 252 42 22 5 253 48 23	24
23	10 252 42 22 5 253 48 23	26
24	10 252 42 22 5 253 48 23	25
25	10 252 42 22 5 253 48 23	25
26	10 252 42 22 5 253 48 23	24
27	10 252 42 22 5 253 48 23	26

28	10 252 42 22 5 253 48 23	25
29	10 252 42 22 5 253 48 23	26
30	10 252 42 22 5 253 48 23	24
31	10 252 42 22 5 253 48 23	25
32	10 252 42 22 5 253 48 23	25
33	10 252 42 22 5 253 48 23	26
34	10 252 42 22 5 253 48 23	24
35	10 253 42 22 5 253 48 23	25
36	10 252 42 22 5 253 48 23	25
37	10 252 42 22 5 253 48 23	26
38	10 253 42 22 5 253 48 23	25
39	10 252 42 22 5 253 48 23	25
40	10 252 42 22 5 253 48 23	24
41	10 252 42 22 5 253 48 23	26
42	10 253 42 22 5 253 48 23	25
43	10 252 42 22 5 253 48 23	25
44	10 252 42 22 5 253 48 23	24
45	10 253 42 22 5 253 48 23	26
46	10 252 42 22 5 253 48 23	25
47	10 252 42 22 5 253 48 23	26
48	10 253 42 22 5 253 48 23	24
49	10 252 42 22 5 253 48 23	25
50	10 252 42 22 5 253 48 23	1
51	10 253 42 22 5 253 48 23	1
52	10 252 42 22 5 253 48 23	20
53	10 252 42 22 5 253 48 23	24
54	10 252 42 22 5 253 48 23	25
55	10 252 42 22 5 253 48 23	25
56	10 252 42 22 5 253 48 23	26
57	10 253 42 22 5 253 48 23	24
58	10 252 42 22 5 253 48 23	25
59	10 252 42 22 5 253 48 23	26
60	10 252 42 22 5 253 48 23	25



61	10 252 42 22 5 253 48 23	25
62	10 252 42 22 5 253 48 23	24
63	10 252 42 22 5 253 48 23	26
64	10 252 42 22 5 253 48 23	25
65	10 252 42 22 5 253 48 23	26
66	10 252 42 22 5 253 48 23	24
67	10 252 42 22 5 253 48 23	25
68	10 252 42 22 5 253 48 23	25
69	10 252 42 22 5 253 48 23	26
70	10 252 42 22 5 253 48 23	24
71	10 252 42 22 5 253 48 23	25
72	10 252 42 22 5 253 48 23	25
73	10 252 42 22 5 253 48 23	26
74	10 252 42 22 5 253 48 23	25
75	10 252 42 22 5 253 48 23	25
76	10 252 42 22 5 253 48 23	24
77	10 252 42 22 5 253 48 23	26
78	10 252 42 22 5 253 48 23	25
79	10 252 42 22 5 253 48 23	25
80	10 252 42 22 5 253 48 23	24
81	10 252 42 22 5 253 48 23	26
82	10 253 42 22 5 253 48 23	25
83	10 252 42 22 5 253 48 23	26
84	10 252 42 22 5 253 48 23	24
85	10 253 42 22 5 253 48 23	25
86	10 252 42 22 5 253 48 23	25
87	10 252 42 22 5 253 48 23	26
88	10 253 42 22 5 253 48 23	24
89	10 252 42 22 5 253 48 23	1
90	10 252 42 22 5 253 48 23	1
91	10 252 42 22 5 253 48 23	16
92	10 252 42 22 5 253 48 23	25
93	10 252 42 22 5 253 48 23	24



94	10 253 42 22 5 253 48 23	24
95	10 252 42 22 5 253 48 23	24
96	10 252 42 22 5 253 48 23	25
97	10 252 42 22 5 253 48 23	23
98	10 252 42 22 5 253 48 23	23
99	10 252 42 22 5 253 48 23	23
100	10 252 42 22 5 253 48 23	24
101	10 253 42 22 5 253 48 23	23
102	10 252 42 22 5 253 48 23	23
103	10 252 42 22 5 253 48 23	23
104	10 253 42 22 5 253 48 23	23
105	10 252 42 22 5 253 48 23	24
106	10 252 42 22 5 253 48 23	23
107	10 253 42 22 5 253 48 23	24
108	10 252 42 22 5 253 48 23	23
109	10 252 42 22 5 253 48 23	23
110	10 253 42 22 5 253 48 23	22
111	10 252 42 22 5 253 48 23	24
112	10 252 42 22 5 253 48 23	23
113	10 253 42 22 5 253 48 23	23
114	10 252 42 22 5 253 48 23	23
115	10 252 42 22 5 253 48 23	25
116	10 252 42 22 5 253 48 23	24
117	10 252 42 22 5 253 48 23	23
118	10 252 42 22 5 253 48 23	25
119	10 253 42 22 5 253 48 23	23
120	10 252 42 22 5 253 48 23	24
121	12 91 41 23 5 253 49 23	24
122	12 129 42 23 5 253 48 23	24
123	12 13 42 23 5 252 48 23	24
124	12 14 42 23 5 253 45 23	23
125	12 12 42 23 5 252 48 23	25
126	12 108 42 23 5 253 48 23	24



127	12 11 42 35 5 253 48 23	23
128	12 11 42 23 5 252 48 23	23
129	12 11 42 23 5 252 48 23	23
130	12 11 42 23 5 252 48 23	25
131	12 9 42 23 5 252 48 23	24
132	12 9 42 23 5 252 48 23	24
133	12 9 42 23 5 253 48 23	1
134	12 9 42 23 5 252 48 23	1
135	12 10 42 23 5 252 48 23	15
136	12 9 42 23 5 252 48 23	22
137	12 9 42 23 5 252 48 23	24
138	12 9 42 23 5 252 48 23	24
139	12 10 42 23 5 252 48 23	25
140	12 10 42 23 5 252 48 23	23
141	12 9 42 23 5 153 48 23	24
142	12 9 42 23 5 252 48 23	24
143	12 9 42 23 5 252 48 23	25
144	12 9 42 23 5 252 48 23	23
145	12 9 42 23 5 252 48 23	24
146	12 9 42 23 5 252 48 23	24
147	12 9 42 23 5 252 48 23	25
148	12 9 42 23 5 252 48 23	24
149	12 10 42 23 5 252 48 23	24
150	12 17 42 23 5 252 48 23	25
151	12 9 42 23 5 252 48 23	26
152	12 11 41 23 5 252 48 23	25
153	12 11 41 23 5 252 48 23	25
154	12 11 41 23 5 252 48 23	24
155	12 12 41 23 5 252 48 23	26
156	12 11 41 23 5 252 48 23	25
157	12 12 41 23 5 252 48 23	25
158	12 12 41 23 5 252 48 23	24
159	12 11 41 23 5 252 48 23	26



160	12 11 41 23 5 252 48 23	25
161	12 19 41 23 5 252 48 23	26
162	12 10 41 23 5 252 48 23	24
163	12 11 41 23 5 252 48 23	25
164	12 11 41 23 5 252 48 23	25
165	12 12 41 23 5 252 48 23	26
166	12 12 41 23 5 252 48 23	24
167	12 8 41 23 5 252 48 23	25
168	12 8 41 23 5 252 48 23	25
169	12 8 41 23 5 252 48 23	26
170	12 11 41 23 5 252 48 23	25
171	12 12 41 23 5 252 48 23	25
172	12 12 41 23 5 252 48 23	24
173	12 10 41 23 5 252 48 23	26
174	12 10 41 23 5 252 48 23	25
175	12 10 41 23 5 252 48 23	25
176	12 12 41 23 5 252 48 23	24
177	12 11 41 23 5 252 48 23	26
178	12 12 41 23 5 252 48 23	25
179	12 13 41 23 5 252 48 23	26
180	12 13 41 23 5 252 48 23	24
181	12 19 41 23 5 252 48 23	25
182	10 253 42 22 5 253 23	25
183	10 252 42 22 5 253 23	26
184	10 252 42 22 5 253 23	24
185	10 252 42 22 5 253 23	25
186	10 252 42 22 5 253 23	25
187	10 252 42 22 5 253 23	26
188	10 252 42 22 5 253 23	25
189	10 252 42 22 5 253 23	25
190	10 252 42 22 5 253 23	24
191	10 252 42 22 5 253 23	26
192	10 252 42 22 5 253 23	25



193	10 252 42 22 5 253 23	25
194	10 252 42 22 5 253 23	24
195	10 252 42 22 5 253 23	26
196	10 252 42 22 5 253 23	25
197	10 253 42 22 5 253 23	26
198	10 252 42 22 5 253 23	24
199	10 252 42 22 5 253 23	25
200	10 252 42 22 5 253 23	1
201	10 252 42 22 5 253 23	1
202	10 252 42 22 5 253 23	20
203	10 253 42 22 5 253 23	24
204	10 252 42 22 5 253 23	25
205	10 252 42 22 5 253 23	25
206	10 253 42 22 5 253 23	26
207	10 252 42 22 5 253 23	24
208	10 252 42 22 5 253 23	25
209	10 253 42 22 5 253 23	26
210	10 252 42 22 5 253 23	25
211	10 252 42 22 5 253 23	25
212	11 252 42 22 5 253 23	24
213	12 253 42 22 5 253 23	26
214	13 252 42 22 5 253 23	25
215	14 252 42 22 5 253 23	26
216	15 253 42 22 5 253 23	24
217	16 252 42 22 5 253 23	25
218	17 252 42 22 5 253 23	25
219	18 253 42 22 5 253 23	26
220	19 252 42 22 5 253 23	24
221	20 252 42 22 5 253 23	25
222	21 253 42 22 5 253 23	25
223	22 252 42 22 5 253 23	26
224	23 252 42 22 5 253 23	25
225	24 253 42 22 5 253 23	25



226	25 252 42 22 5 253 23	24
227	26 252 42 22 5 253 23	26
228	27 253 42 22 5 253 23	25
229	28 252 42 22 5 253 23	25
230	29 252 42 22 5 253 23	24
231	30 253 42 22 5 253 23	24
232	31 252 42 22 5 253 23	25
233	32 252 42 22 5 253 23	25
234	33 253 42 22 5 253 23	26
235	34 252 42 22 5 253 23	24
236	35 252 42 22 5 253 23	25
237	36 253 42 22 5 253 23	25
238	37 252 42 22 5 253 23	26
239	38 252 42 22 5 253 23	25
240	39 253 42 22 5 253 23	25
241	40 252 42 22 5 253 23	24
242	41 252 42 22 5 253 23	26
243	42 253 42 22 5 253 23	25
244	43 252 42 22 5 253 23	25
245	44 252 42 22 5 253 23	24
246	45 253 42 22 5 253 23	26
247	46 252 42 22 5 253 23	25
248	47 252 42 22 5 253 23	26
249	48 253 42 22 5 253 23	24
250	49 252 42 22 5 253 23	25

**Lampiran 2** Data Hasil Pengujian Node Coordinator

Data ke-	Data Sensor	Waktu (ms)
1	12 9 42 23 5 252 48 23	19
2	12 11 41 23 5 252 48 23	20
3	12 11 41 23 5 252 48 23	18



4	12 11 41 23 5 252 48 23	19
5	12 12 41 23 5 252 48 23	19
6	12 11 41 23 5 252 48 23	20
7	12 12 41 23 5 252 48 23	18
8	12 12 41 23 5 252 48 23	19
9	12 11 41 23 5 252 48 23	18
10	12 11 41 23 5 252 48 23	18
11	12 19 41 23 5 252 48 23	18
12	12 10 41 23 5 252 48 23	19
13	12 11 41 23 5 252 48 23	19
14	12 11 41 23 5 252 48 23	20
15	12 12 41 23 5 252 48 23	19
16	12 12 41 23 5 252 48 23	21
17	12 8 41 23 5 252 48 23	19
18	12 8 41 23 5 252 48 23	20
19	12 8 41 23 5 252 48 23	21
20	12 11 41 23 5 252 48 23	22
21	12 12 41 23 5 252 48 23	19
22	12 12 41 23 5 252 48 23	19
23	12 10 41 23 5 252 48 23	22
24	12 10 41 23 5 252 48 23	19
25	12 10 41 23 5 252 48 23	19
26	12 12 41 23 5 252 48 23	21
27	12 11 41 23 5 252 48 23	20
28	12 12 41 23 5 252 48 23	21
29	12 13 41 23 5 252 48 23	18
30	12 13 41 23 5 252 48 23	19
31	12 19 41 23 5 252 48 23	19
32	10 253 42 22 5 253 23	21
33	10 252 42 22 5 253 23	19
34	10 252 42 22 5 253 23	19



35	10 252 42 22 5 253 23	18
36	10 252 42 22 5 253 23	19
37	10 252 42 22 5 253 23	19
38	10 252 42 22 5 253 23	22
39	10 252 42 22 5 253 23	19
40	10 252 42 22 5 253 23	21
41	10 252 42 22 5 253 23	19
42	10 252 42 22 5 253 23	20
43	10 252 42 22 5 253 23	19
44	10 252 42 22 5 253 23	20
45	10 252 42 22 5 253 23	19
46	10 252 42 22 5 253 23	21
47	10 253 42 22 5 253 23	19
48	10 252 42 22 5 253 23	19
49	10 252 42 22 5 253 23	19
50	10 252 42 22 5 253 23	20
51	10 252 42 22 5 253 23	19
52	10 252 42 22 5 253 23	20
53	10 253 42 22 5 253 23	18
54	10 252 42 22 5 253 23	18
55	10 252 42 22 5 253 23	19
56	10 253 42 22 5 253 23	20
57	10 252 42 22 5 253 23	18
58	10 252 42 22 5 253 23	19
59	10 253 42 22 5 253 23	18
60	10 252 42 22 5 253 23	17
61	10 252 42 22 5 253 23	18
62	11 252 42 22 5 253 23	19
63	12 253 42 22 5 253 23	18
64	13 252 42 22 5 253 23	17
65	14 252 42 22 5 253 23	19



66	15 253 42 22 5 253 23	21
67	16 252 42 22 5 253 23	17
68	17 252 42 22 5 253 23	18
69	18 253 42 22 5 253 23	21
70	19 252 42 22 5 253 23	22
71	20 252 42 22 5 253 23	19
72	21 253 42 22 5 253 23	19
73	22 252 42 22 5 253 23	17
74	23 252 42 22 5 253 23	18
75	24 253 42 22 5 253 23	19
76	25 252 42 22 5 253 23	21
77	26 252 42 22 5 253 23	20
78	27 253 42 22 5 253 23	17
79	28 252 42 22 5 253 23	18
80	29 252 42 22 5 253 23	19
81	30 253 42 22 5 253 23	18
82	31 252 42 22 5 253 23	21
83	32 252 42 22 5 253 23	19
84	33 253 42 22 5 253 23	19
85	34 252 42 22 5 253 23	18
86	35 252 42 22 5 253 23	18
87	36 253 42 22 5 253 23	17
88	37 252 42 22 5 253 23	18
89	38 252 42 22 5 253 23	19
90	39 253 42 22 5 253 23	21
91	40 252 42 22 5 253 23	19
92	41 252 42 22 5 253 23	17
93	42 253 42 22 5 253 23	19
94	43 252 42 22 5 253 23	20
95	44 252 42 22 5 253 23	19
96	45 253 42 22 5 253 23	21



97	46 252 42 22 5 253 23	19
98	47 252 42 22 5 253 23	18
99	48 253 42 22 5 253 23	19
100	49 252 42 22 5 253 23	20
101	50 252 42 22 5 253 23	19
102	51 253 42 22 5 253 23	20
103	52 252 42 22 5 253 23	18
104	53 252 42 22 5 253 23	19
105	54 253 42 22 5 253 23	19
106	55 252 42 22 5 253 23	20
107	56 252 42 22 5 253 23	18
108	57 253 42 22 5 253 23	19
109	58 252 42 22 5 253 23	18
110	59 252 42 22 5 253 23	20
111	60 252 42 22 5 253 23	18
112	10 252 42 22 5 253 48 23	19
113	10 253 42 22 5 253 48 23	19
114	10 252 42 22 5 253 48 23	20
115	10 252 42 22 5 253 48 23	19
116	10 252 42 22 5 253 48 23	21
117	10 252 42 22 5 253 48 23	19
118	10 252 42 22 5 253 48 23	20
119	10 253 42 22 5 253 48 23	21
120	10 252 42 22 5 253 48 23	22
121	12 91 41 23 5 253 49 23	19
122	12 129 42 23 5 253 48 23	20
123	12 13 42 23 5 252 48 23	22
124	12 14 42 23 5 253 45 23	19
125	12 12 42 23 5 252 48 23	19
126	12 108 42 23 5 253 48 23	21
127	12 11 42 35 5 253 48 23	20



128	12 11 42 23 5 252 48 23	21
129	12 11 42 23 5 252 48 23	18
130	12 11 42 23 5 252 48 23	19
131	12 9 42 23 5 252 48 23	19
132	12 9 42 23 5 252 48 23	21
133	12 9 42 23 5 253 48 23	19
134	12 9 42 23 5 252 48 23	20
135	12 10 42 23 5 252 48 23	18
136	12 9 42 23 5 252 48 23	21
137	12 9 42 23 5 252 48 23	19
138	12 9 42 23 5 252 48 23	22
139	12 10 42 23 5 252 48 23	19
140	12 10 42 23 5 252 48 23	21
141	12 9 42 23 5 153 48 23	19
142	12 9 42 23 5 252 48 23	20
143	12 9 42 23 5 252 48 23	19
144	12 9 42 23 5 252 48 23	20
145	12 9 42 23 5 252 48 23	19
146	12 9 42 23 5 252 48 23	21
147	12 9 42 23 5 252 48 23	19
148	12 9 42 23 5 252 48 23	20
149	12 10 42 23 5 252 48 23	19
150	12 17 42 23 5 252 48 23	20
151	12 9 42 23 5 252 48 23	21
152	12 11 41 23 5 252 48 23	20
153	12 11 41 23 5 252 48 23	18
154	12 11 41 23 5 252 48 23	21
155	12 12 41 23 5 252 48 23	19
156	12 11 41 23 5 252 48 23	17
157	12 12 41 23 5 252 48 23	21
158	12 12 41 23 5 252 48 23	20

159	12 11 41 23 5 252 48 23	18
160	12 11 41 23 5 252 48 23	20
161	12 19 41 23 5 252 48 23	18
162	12 10 41 23 5 252 48 23	21
163	12 11 41 23 5 252 48 23	19
164	12 11 41 23 5 252 48 23	20
165	12 12 41 23 5 252 48 23	19
166	12 12 41 23 5 252 48 23	21
167	12 8 41 23 5 252 48 23	19
168	12 8 41 23 5 252 48 23	20
169	12 8 41 23 5 252 48 23	21
170	12 11 41 23 5 252 48 23	17
171	12 12 41 23 5 252 48 23	19
172	12 12 41 23 5 252 48 23	20
173	12 10 41 23 5 252 48 23	17
174	12 10 41 23 5 252 48 23	21
175	12 10 41 23 5 252 48 23	19
176	12 12 41 23 5 252 48 23	21
177	12 11 41 23 5 252 48 23	19
178	12 12 41 23 5 252 48 23	21
179	12 13 41 23 5 252 48 23	20
180	12 13 41 23 5 252 48 23	21
181	12 19 41 23 5 252 48 23	19
182	10 253 42 22 5 253 23	21
183	10 252 42 22 5 253 23	19
184	10 252 42 22 5 253 23	20
185	10 252 42 22 5 253 23	17
186	10 252 42 22 5 253 23	21
187	10 252 42 22 5 253 23	19
188	10 252 42 22 5 253 23	22
189	10 252 42 22 5 253 23	19
190	10 252 42 22 5 253 23	21
191	10 252 42 22 5 253 23	19



192	10 252 42 22 5 253 23	20
193	10 252 42 22 5 253 23	19
194	10 252 42 22 5 253 23	21
195	10 252 42 22 5 253 23	19
196	10 252 42 22 5 253 23	21
197	10 253 42 22 5 253 23	19
198	10 252 42 22 5 253 23	20
199	10 252 42 22 5 253 23	19
200	10 252 42 22 5 253 23	17
201	10 252 42 22 5 253 23	21
202	10 252 42 22 5 253 23	20
203	10 253 42 22 5 253 23	18
204	10 252 42 22 5 253 23	21
205	10 252 42 22 5 253 23	19
206	10 253 42 22 5 253 23	17
207	10 252 42 22 5 253 23	21
208	10 252 42 22 5 253 23	20
209	10 253 42 22 5 253 23	18
210	10 252 42 22 5 253 23	17
211	10 252 42 22 5 253 23	18
212	11 252 42 22 5 253 23	17
213	12 253 42 22 5 253 23	19
214	13 252 42 22 5 253 23	20
215	14 252 42 22 5 253 23	19
216	15 253 42 22 5 253 23	21
217	16 252 42 22 5 253 23	19
218	17 252 42 22 5 253 23	20
219	18 253 42 22 5 253 23	21
220	19 252 42 22 5 253 23	17
221	20 252 42 22 5 253 23	19
222	21 253 42 22 5 253 23	20
223	22 252 42 22 5 253 23	17
224	23 252 42 22 5 253 23	21



225	24 253 42 22 5 253 23	19
226	25 252 42 22 5 253 23	21
227	26 252 42 22 5 253 23	19
228	27 253 42 22 5 253 23	17
229	28 252 42 22 5 253 23	20
230	29 252 42 22 5 253 23	21
231	30 253 42 22 5 253 23	19
232	31 252 42 22 5 253 23	21
233	32 252 42 22 5 253 23	19
234	33 253 42 22 5 253 23	17
235	34 252 42 22 5 253 23	17
236	35 252 42 22 5 253 23	21
237	36 253 42 22 5 253 23	19
238	37 252 42 22 5 253 23	22
239	38 252 42 22 5 253 23	19
240	39 253 42 22 5 253 23	21
241	40 252 42 22 5 253 23	19
242	41 252 42 22 5 253 23	20
243	42 253 42 22 5 253 23	19
244	43 252 42 22 5 253 23	21
245	44 252 42 22 5 253 23	19
246	45 253 42 22 5 253 23	21
247	46 252 42 22 5 253 23	19
248	47 252 42 22 5 253 23	20
249	48 253 42 22 5 253 23	19
250	49 252 42 22 5 253 23	17

**Lampiran 3** Data Hasil Pengujian RTT (Round Trip Time)

Data ke-	Data Sensor	Waktu (ms)	Rata – Rata (ms)
1	10 253 42 22 5 253 48 23	18	18
2	10 252 42 22 5 253 48 23	18	



3	10 252 42 22 5 253 48 23	18	17.8
4	10 253 42 22 5 253 48 23	18	
5	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
6	10 252 42 22 5 253 48 23	17	
7	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
8	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
9	10 252 42 22 5 253 48 23	18	17.8
10	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
11	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
12	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
13	10 252 42 22 5 253 48 23	17	
14	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
15	10 253 42 22 5 253 48 23	18	18
16	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
17	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
18	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
19	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
20	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
21	10 253 42 22 5 253 48 23	18	18.4
22	10 252 42 22 5 253 48 23	19	
23	10 252 42 22 5 253 48 23	18	
24	10 252 42 22 5 253 48 23	19	
25	10 252 42 22 5 253 48 23	18	