

Pemantauan Kondisi Polusi Udara Secara *Real Time* di Kawasan Universitas Riau Dengan Menggunakan Wireless Sensor Network Wasp mote dan Zigbee

Feri Saputra*, Yusnita Rahayu, Ery Safrianti****

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: feri.saputra2410@gmail.com

ABSTRACT

Air quality monitoring is very necessary to anticipate the dangerous air pollution such as forest fires pollution like PM₁₀. Excellent air monitoring done in real time, so that the monitoring data obtained directly. In the research make application air monitoring real time using Microsoft Visual Basic 2010, air monitoring device with using wireless sensor network waspmote plug and sense for monitoring of PM₁₀ and waspmote OEM for monitoring CO and O₃, data communication using Zigbee. Application will process wireless sensor network waspmote data to ISPU data for reference condition the air content PM₁₀, CO dan O₃, and application will display in ISPU graphical. Design database in Microsoft Access to connect monitoring application so monitoring data can be stored. Air monitoring conducted in Riau University.

Keywords : *Wireles Sensor Network Wasp mote, Zigbee, Database, Real time, Air polution*

I. PENDAHULUAN

Udara di sekeliling kita, atau disebut dengan udara ambien, memiliki kualitas yang mudah berubah. Intensitas perubahannya dipengaruhi oleh interaksi antar berbagai polutan yang dilepas ke udara ambien dengan faktor-faktor meteorologist seperti angin, suhu, hujan, dan cahaya matahari. Polutan dapat digolongkan menjadi dua golongan yaitu polutan primer dan polutan sekunder. Polutan primer adalah polutan – polutan yang diemisikan langsung dari sumbernya.

Riau merupakan salah satu daerah yang memiliki hutan gambut yang sangat luas, pembangunan dan pembukaan lahan yang ilegal di daerah riau, salah satu caranya adalah dengan cara pembakaran hutan, menyebabkan hampir tiap tahunnya, Riau mengalam polusi udara kebakaran hutan. Ditandai dengan adanya kabut asap yang sangat tebal yang sangat berbahaya terhadap

kesehatan manusia. Asap biomassa yang keluar pada kebakaran hutan mengandung beberapa komponen yang dapat merugikan kesehatan baik dalam bentuk gas maupun partikel. Komponen gas dalam biomassa besar yang mengganggu kesehatan ada-lah karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan aldehid. Beberapa senyawa lain seperti ozon (O₃), karbon dioksida (CO₂) dan hidrokarbon juga mempunyai dampak buruk terhadap paru, salah satu penyakit yang akan timbul yaitu infeksi saluran pernapas akut atau ISPA, yang dapat menyebabkan sesak nafas dan berujung kematian.

Dengan adanya kondisi seperti kebakaran hutan yang sering terjadi, maka diperlukan sebuah alat pemantauan, monitoring serta pengukuran terhadap kondisi kualitas udara. Salah satu alat pemantau udara di Pekanbaru mungkin sudah ada yaitu AQMS (Air Quality

Monitoring Station) dengan penyampaian informasi kualitas udara melalui ISPU (Indek Standar Pencemar Udara) tetapi ini tidak efektif, karena tidak semua masyarakat akan pergi ke tempat peletakan papan ISPU.

Dalam pemantauan udara yang diteliti ini, berbeda dengan AQMS (*Air Quality Monitoring Station*) yang berada di Pekanbaru, disini sudah mengalami perkembangan memanfaatkan perkembangan telekomunikasi. alat pemantauan menggunakan sistem terintegrasi jaringan sensor tanpa kabel berbaikan *waspmote* dan *zigbee*. *Waspmote* merupakan perangkat *wireless sensor network*, merupakan komponen utama dalam mendeteksi udara apakah udara yang berada di lingkungan sudah tercemar diatas ambang batas yang telah ditentukan. Pada perangkat yang digunakan menggunakan *wireless sensor network* *waspmote* plug and sens untuk mengukur kadar PM10 dan *Waspmote OEM* untuk mengukur kadar CO dan O3.

Pengenalan Sistem Air Quality Monitoring System (AQMS) Pekanbaru (Badan Lingkungan Hidup, 2012)

AQMS merupakan suatu sistem pemantauan kualitas udara yang dirancang untuk menghitung kadar senyawa-senyawa tertentu di udara seperti PM₁₀, SO₂, NO_x, O₃, NO₂, CO. Jaringan AQMS terdiri dari *Fixed station*, *Mobile station*, dan *Regional Center*. AQMS merupakan suatu sistem pemantauan kualitas udara yang dirancang untuk menghitung kadar senyawa-senyawa tertentu di udara seperti PM₁₀, SO₂, NO_x, O₃, NO₂, CO.

Data hasil pemantauan AQMS di tampilkan oleh *Public Display* yang terdapat di jalan. Dimana data ditampilkan dalam grafik yang terdapat artinya, contoh public display dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Tampilan dari *Public Display* ISPU

Public display ISPU dibentuk oleh LED yang menunjukkan angka dan bagaimana keadaan dari udara. Mana dibagi atas berbagai warna yaitu hijau, biru, kuning, merah dan hitam.akan diperjelas dalam tabel berikut tabel 1.

Tabel 1 Penjelasan ISPU (Bapedal, 1998)

Indeks	Kategori	Warna	Penjelasan
1-50	Baik	Hijau	Tingkat kualitas udara yang tidak memberi efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika
51-100	Sedang	Biru	Tingakt kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tubuhan yang sensitive
101-199	Tidak Sehat	Kuning	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan
200-299	Sangat Tidak Sehat	Merah	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
>300	Berbahaya	Hitam	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi

Proses Perhitungan ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) (Bapedal, 1998)

Rumus ISPU :

$$I = \left\{ \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} * (X_x - X_b) + I_b \right\} \quad (1)$$

Keterangan :

- I = Nilai ISPU tanpa satuan
- I_a = ISPU batas atas
- I_b = ISPU batas bawah
- X_a = Ambien batas atas
- X_b = Ambien batas bawah
- X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran (ug/m³)

Tabel 2 Batasan kandungan kadar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara	PM 10 ug/m ³	SO2 ug/m ³	CO mg/m ³	O3 ug/m ³	NO2 ug/m ³
50	50	80	5	120	-
100	150	365	10	235	-
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	36	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Wireless Sensor Network (WSN)

Wireless sensor networks (WSN) didefinisikan sebagai suatu jaringan komunikasi nirkabel yang terdiri dari sensor-sensor *autonomous* dan terdistribusi secara *spasial* yang digunakan untuk memonitor kondisi fisik suatu lingkungan pada satu atau banyak titik pengukuran. Pengembangan WSN pada awalnya ditujukan untuk kepentingan militer seperti pengamatan pada medan perang. Namun, WSN pada saat ini lebih banyak digunakan pada aplikasi non-militer, termasuk pemantauan lingkungan dan habitat, aplikasi

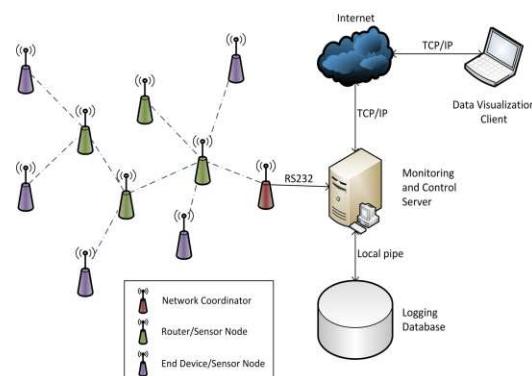
perawatan kesehatan, automasi dalam lingkungan rumah, serta pengaturan lalu lintas (Fahri, 2009).

Sensor pada WSN berukuran kecil dan terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: *sensing subsystem* untuk mengumpulkan data parameter fisik *di lingkungan*, *processing subsystem* untuk memproses dan menyimpan data dan *wireless communication subsystem* untuk transmisi data. Setiap *sensor node* dilengkapi dengan suatu *radio transceiver*, mikrokontroler dan *power supply* (biasanya berupa baterai) untuk mendukung kerja dari komponen-komponen utama yang telah disebutkan sebelumnya (Anastasi dkk, 2008).

Arsitektur WSN

2.3.1 Arsitektur WSN

Berikut contoh arsitektur WSN yang dapat yang dapat diperhatikan pada gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur WSN

Prinsip Kerja WSN

- *Sensor board* mengumpulkan data berupa intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, ataupun pergerakan objek dalam ruangan.

- *Mote* kemudian mengirimkan data sensing ke gateway.
- *Gateway* mengolah data sensing dan mengirimkannya ke server.
- *Server* memproses data dari gateway untuk ditampilkan. Bila sensor melaporkan parameter yang melewati batasan yang ditentukan, server memberi perintah pada kontroler.
- *Controller* mengendalikan *switch* untuk menaikkan atau menurunkan kinerja peralatan listrik.

Teknologi Zigbee

ZigBee merupakan spesifikasi untuk protocol komunikasi tingkat tinggi yang mengacu pada standart IEEE 802.15.4 yang berhubungan dengan *wireless personel area networks* (WPANs). Teknologi dari ZigBee sendiri dimaksudkan untuk penggunaan pengiriman data secara wireless yang membutuhkan transmisi data rendah dan juga konsumsi daya rendah. Standar *Zigbee* sendiri lebih banyak diaplikasikan kepada system tertanam (*embedded application*) seperti pengendalian industri atau pengendali alat lain secara wireless, data logging, dan juga sensor *wireless* dan lain-lain. *Zigbee* memiliki transfer rate sekitar 250 Kbps.

Zigbee Menggunakan tiga buah band frekuensi yang digunakan secara berbeda-beda. Untuk saat ini frekuensi 915MHz digunakan di Amerika, 868MHz di Eropa, dan 2.4GHz di Jepang. Untuk physical dan MAC layer nya sendiri menggunakan standar IEEE 802.15.4. pada tabel 3 dijabarkan kekurangan dan kelebihan dari *Zigbee* dan *Bluetooth*.

Parameter	ZigBee	Bluetooth
Kecepatan Transfer Data	250kbps	3Mbps
Jarak Jangkauan	10m - 50m	>50m
Memori Flash	16 - 60KB	>60KB
Metode Komunikasi Jaringan	<i>Multihop Ad-Hoc</i>	<i>Ad-hoc</i> , diantara peralatan yang mendukung.
Spesifikasi Komputer	8 bit	32 bit
Waktu inisialisasi sistem	30ms (sedangkan dari kondisi diam / <i>sleep</i> sampai bangun / <i>wakeup</i> hanya perlu 15ms)	>30ms
Kapasitas Transfer Data	127 huruf (127 byte).	> 127 huruf (127 byte). Transfer file Screen grafik, gambar, audio.

Tabel 3 *Zigbee Vs Bluetooth* (Harka, 2010)

Kelebihan *Zigbee*

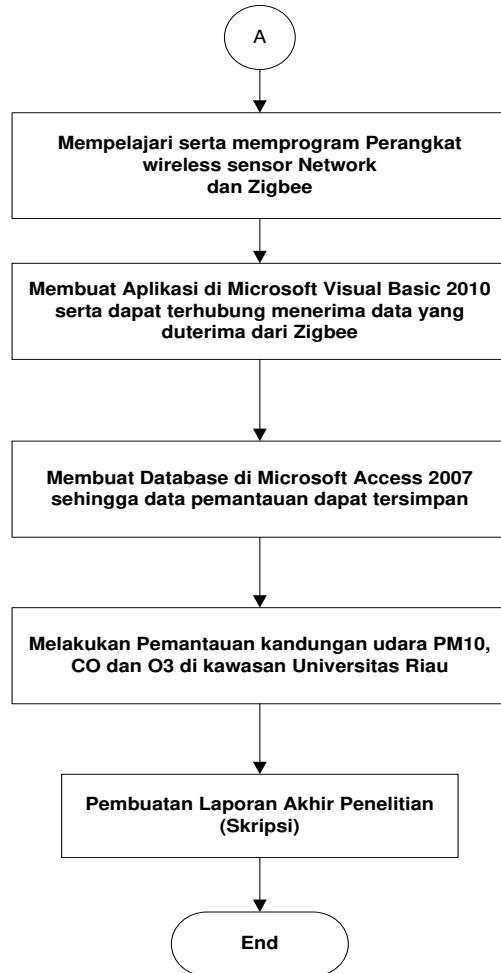
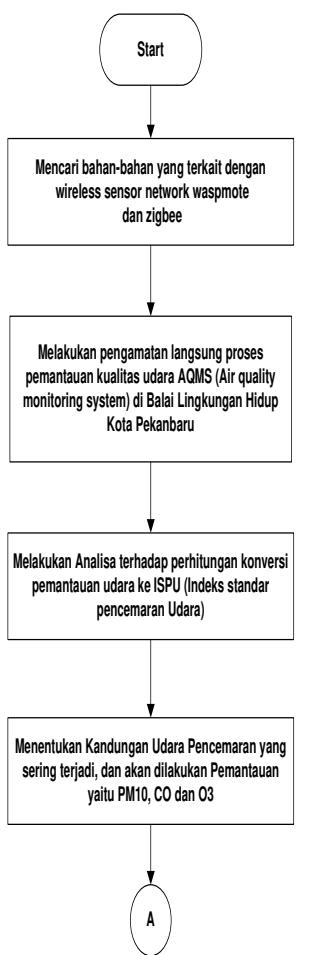
Ada beberapa kelebihan *Zigbee* dibandingkan metode pengiriman data lainnya:

- Mendukung untuk beberapa topologi jaringan seperti point-to-point, point-to-multipoint, dan jaringan mesh.
- Lebih mudah, bentuk kecil, murah, dan baterai tahan lama.
- Memiliki protocol stack yang sangat sederhana.
- Maksimal 65000 node per jaringan, tanpa harus melakukan pengaturan apapun.
- Tidak perlu base station atau access point → komunikasi dapat secara acak (*mesh network*).
- Dapat mengirim data sepanjang 127 huruf (127 byte) → mengurangi beban host CPU (hanya butuh komputer mikro 8 bit saja). Inisialisasi sistem

30ms → cocok untuk peralatan sensor yang membutuhkan operasi kecepatan waktu ON/OFF nya tinggi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan ada pembuatan aplikasi sebagai interface atau media untuk menjalankan perangkat pemantauan kualitas udara menggunakan *wireless sensor network waspmote* terdiri dari *wasmote plug and sense* untuk memantau kualitas PM10 dan Wasmote OEM untuk memantau kandungan CO dan O₃ di udara, dan pengiriman data dari perangkat ke aplikasi menggunakan Zigbee. langkah-langkah pembuatan aplikasiakan dijelaskan di gambar 3 flowchart berikut.



Gambar 3 Flowchart langkah-langkah pelaksanaan penelitian

Perlengkapan yang digunakan Perangkat Hardware (perangkat keras)

1. *Wasmote Plug and sense*

Perangkat ini merupakan *Wireless Sensor Network* yang bertujuan untuk mengamati kondisi udara di perkotaan, salah satunya pada penelitian ini mengamati kandungan polusi udara PM₁₀. WSN ini di produksi oleh Libelium perusahaan teknologi dari spanyol. Perangkat ini dapat diletakan di outdoor karena di desain tahan air dan tahan panas. Sensor yang digunakan oleh waspmote ini dengan type GP2Y1010AU0F untuk mengukur

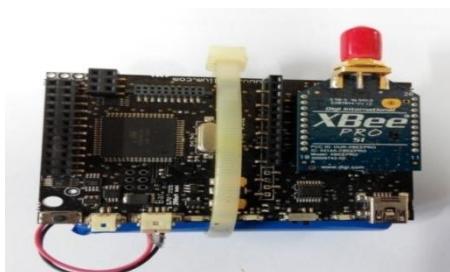
kandungan PM10 di udara. Bentuk *waspmote plug and sense* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 *Plug and Sense Smart Cities*

2. *Waspmote OEM* Sensor Gas

Waspmote ini sistem kerjanya hampir sama dengan *plug and sense* tetapi berbeda bentuk casing dan fungsinya. Pada *waspmote* ini harus diletakkan pada tempat yang terlindung tidak boleh terkena air. *Waspmote* ini di khususkan mengamati polusi udara kandungan CO dan O₃. Sensor yang dipakai untuk mengukur kandungan O₃ (*Ozone*) adalah sensor MiCS-2610 dan untuk mengukur kandungan CO (*Carbon Monoxide*) adalah sensor TGS2442. bentuk dari *waspmote OEM* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 *Waspmote OEM*

3. *Zigbee Gateway type 802.15 Pro*

Tujuan dari perangkat *Zigbee gateway* sebagai alat *receiver* dari pengiriman di kedua *wireless sensor network* yang ada. *Zigbee gateway* ini akan dipasang pada PC (*Personal Computer*) sehingga data yang diterima dapat di simpan dan diolah. *Zigbee* ini bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan jarak yang dijangkau dapat sekitar 7 km. *Zigbee* juga menggunakan antena sebesar 5 dB. Bentuk *Zigbee gateway* dapat dilihat gambar 6.



Gambar 6 *Zigbee Gateway 802.15 Pro*

4. *Personal Computer / Laptop*

Penggunaan PC sangat penting bertujuan sebagai device untuk menampilkan dan membuat aplikasi yang akan kita buat. Adapun spesifikasi PC yang digunakan untuk penelitian ini antara lain:

- Laptop ASUS 14 Inch, Intel Core I3
- Windows Seven 32 Bit
- Ram 4 GB

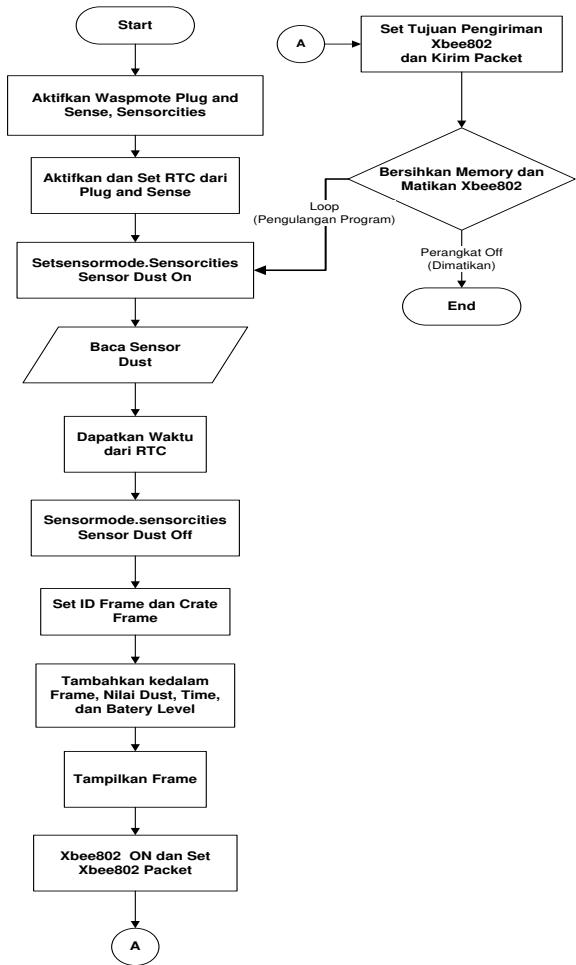
Perangkat Lunak (Software)

1. *Waspmote Pro IDE*
2. *Microsoft Visual Basic/Microsoft Visual Studio 2010*
3. *Microsoft Access*

Perancangan Program Menggunakan Waspmove Pro IDE

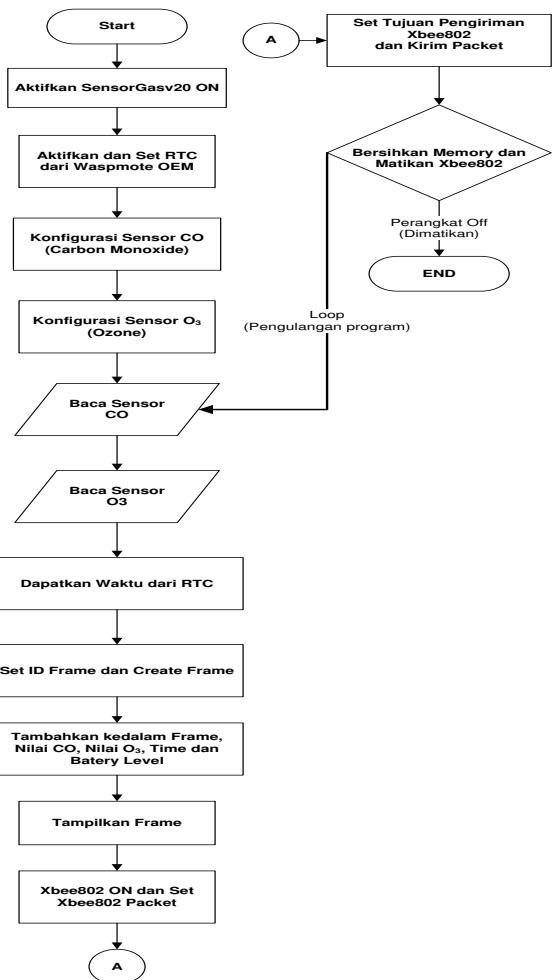
Memprogram perangkat waspmote sangat penting dilakukan agar perangkat memberikan informasi yang kita butuhkan, waspmote plug and sense akan memberikan informasi kandungan udara PM10 dan Waspmove OEM memberikan informasi kandungan CO dan O₃, proses pemograman akan dijelaskan dalam pada gambar 7 dan gambar 8 berikut.

1. Flowchart pemograman waspmote plug and sense



Gambar 7 Flowchart Pemograman Waspmove Libelium Plug and Sense

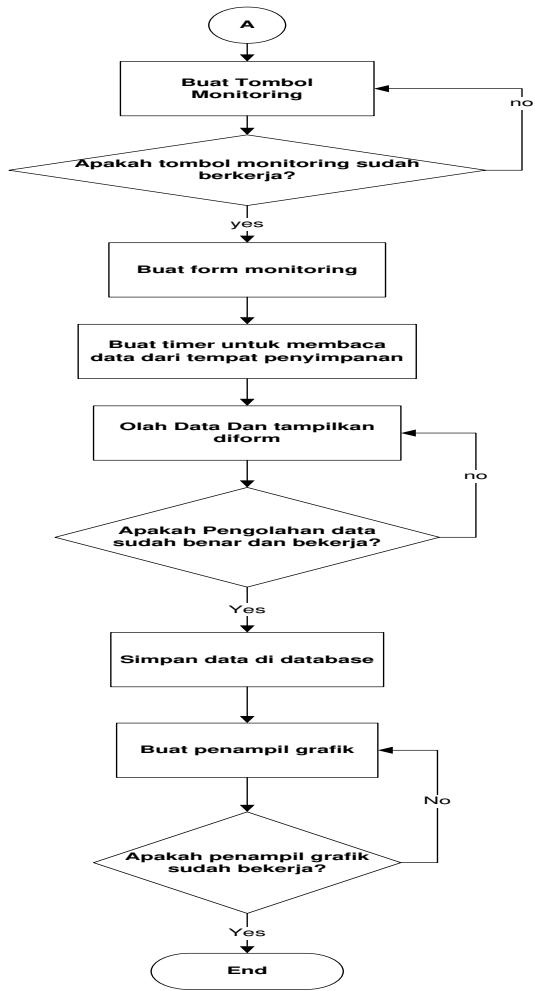
2. Flowchary pemograman waspmote OEM



Gambar 8 Flowchart Pemograman Waspmove Libelium OEM

Perancangan Aplikasi Pemantauan Menggunakan Microsoft Visual Basic 2010

Aplikasi Microsoft Visual Basic dimulai dengan menganalisis data dari keluaran alat *Waspmove Libelium*. Data apa saja yang akan ditampilkan dan kemudian data akan diolah serta disimpan. Perancangan aplikasi akan dijelaskan dalam flowchart berikut pada gambar 9.



Gambar 9 Flowchart perancangan aplikasi *Microsoft Visual Basic 2010*

Rumusan Konversi

Rumus Konversi *Waspmove Plug and Sense*

Dari data sensor yang didapat oleh perangkat waspmote tidak bisa begitu saja dipergunakan untuk mengetahui apakah udara PM₁₀ tersebut bisa kita ambil untuk mengetahui apakah udara tersebut PM₁₀ masih dalam keadaan batasan yang diperbolehkan oleh kesehatan ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara).

Data yang di kirimkan dari perangkat ke *Zigbee gateway* masih dalam bentuk X mg/m³, maka data ini harus dikonversikan dulu ke ug/m³, selanjutnya konversikan ke ISPU.

- Rumus Konversi mg/m³ ke ug/m³

$$X (\text{mg/m}^3) = X (\text{mg/m}^3) * 1000 \quad (2)$$

$$= Y (\text{ug/m}^3)$$

Untuk selanjutnya konversi ke ISPU menggunakan rumus ISPU pada rumus 1 yang telah dijelaskan.

Rumus Konversi *Waspmove OEM*

Data yang dikirim oleh *waspmove OEM* terdapat dua informasi yaitu informasi hasil sensor O₃ (*ozone*) dan CO (*Carbonmonoxide*). Sehingga kita harus mengkonversi dari data yang telah kita terima dari perangkat satu persatu baru ke ISPU.

1. Rumus untuk mengubah hasil Sensor CO ke ppm dan ISPU (Liberium, 2012)

- $R_{CO1} = \log_{10} \left[\left(\frac{5 \cdot 10}{\text{Nilai Sensor CO Alat}} \right) - 10 \right] \quad (3)$

- $R_{CO2} = \frac{(R_{CO1}) - 2,302}{-1,501} \quad (4)$

- Hasil CO dalam ppm = $10^{R_{CO2}}$ (5)

- Rumus CO ppm konversi ke mg/m³

$$\text{CO mg/m}^3 = \frac{\text{CO ppm}}{24,45} \quad (6)$$

Mass Mole CO

- Massa Mole CO = 28,01 g/mol
- Untuk selanjutnya mengkonversi ke ISPU menggunakan rumus yang merujuk pada rumus 1.

2. Rumus untuk mengubah hasil Sensor O₃ ke ppm dan ISPU (Liberium, 2012)

- $O_3 \text{ ppb} = \frac{\text{Exp}[(\text{Nilai Sensor O}_3 + 7,56)/2]}{1000} \quad (7)$

- $O_3 \text{ ug/m}^3 = \left[\frac{\text{Nilai O}_3 \text{ ppb}}{24,45} \right] * 1000 \quad (8)$
- Massa Mole O₃ = 48 g/mol
- Untuk selanjutnya mengkonversi ke ISPU menggunakan rumus yang merujuk pada rumus 1.

Perancangan Database Menggunakan Microsoft Access 2007

Perancangan microsoft access dibuat dengan tujuan untuk membantu dalam penyimpanan data dan juga sebagai pembanding dalam mengolah hasil pemantauan, ada beberapa tabel di access yang telah dibuat.

- ISPU, tabel ini digunakan sebagai tabel acuan untuk menentukan indeks atas dan indeks bawah nilai ISPU
- NilaiIspu, tabel NilaiIspu bertujuan sebagai indeks standar ketetapan dari pemerintah untuk menetapkan tingkat polutan di udara yang terdiri dari kandungan PM₁₀, CO dan O₃.
- MonitoringPm10, tabel ini berguna untuk menyimpan data hasil pemantauan polusi udara kandungan PM₁₀.
- MonitoringOEM, tabel database ini bertujuan untuk menyimpan informasi data pemantauan udara khususnya untuk perangkat libelium OEM yaitu polusi udara kandungan CO dan O₃.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemrograman Waspmove Libelium

1. Waspmove Libelium Plug and Sense Smart Cities di Waspmove IDE

Inti dari tujuan pemrograman pada *Waspmove Libelium* ini agar memberikan informasi yang kita butuhkan, pada *Libelium Plug and Sense Smart Cities* memberikan

informasi penting kandungan PM₁₀ pada udara polusi, salah satunya polusi udara akibat kebakaran hutan. Pemograman menggunakan *Waspmove Pro IDE* dan perangkat akan memberikan informasi dalam bentuk *frame*
#382543696#NO1#Dust:0,45#TIME:15-4-39#BAT:45#

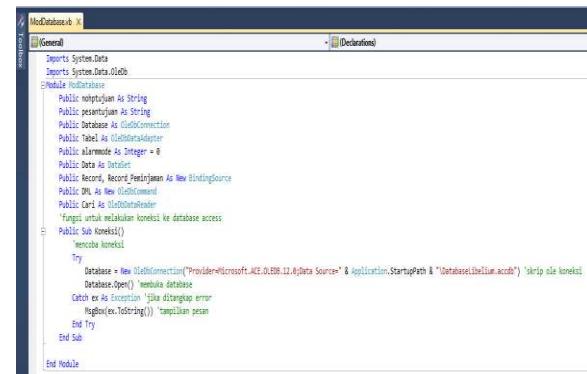
2. Waspmove Libelium OEM di Waspmove IDE

Hasil pada pemograman di waspmote OEM menghasilkan informasi dalam bentuk data frame di mana mengandung dua data penting yaitu data kandungan CO dan O₃.
#382545731#NO2#O3:0,500#CO:0,864#15-49-3#BAT:46#

Hasil Pembuatan Aplikasi Monitoring Udara Menggunakan Microsoft Visual Basic 2010

1. Mode Database

Pembuatan mode database pada visual basic merupakan hal yang sangat penting, dengan tujuan merupakan interface atau penghubung antar visual basic dengan aplikasi penyimpanan data salah satunya yang digunakan yaitu microsoft access 2007. Hasil mode database dapat diperhatikan pada gambar 10 berikut.



```

Imports System.Data
Imports System.Data.OleDb
Module Module1
    Public不动产 As String
    Public 空地 As String
    Public Database As OleDbConnection
    Public Table As OleDbTable
    Public Data As OleDbData
    Public Record As RecordProcessor
    Public DR As OleDbCommand
    Public Cmd As OleDbCommand
    Public Crt As OleDbCommand
    'fungsi untuk melakukan koneksi ke database access
    Public Sub Koneksi()
        'percoba koneksi
        Try
            Database = New OleDbConnection("Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" & Application.StartupPath & "\Database\libelium.accdb") 'script ole koneksi
            Database.Open() 'ambil data database
            Catch ex As Exception 'jika terdapat error
                MsgBox(ex.ToString()) 'tampilkan pesan
            End Try
        End Sub
    End Module

```

Gambar 10 Hasil Pembuatan mode database di Class Library

Ada beberapa perintah yang dipergunakan pada penggeraan mode database di class library ini di antaranya:

- Public digunakan sebagai deklarasi variabel/fungsi supaya bisa digunakan disemua form atau class.
- Terdapat fungsi OLE (Object Linking Embedded) ini berfungsi sebagai koneksi atau penghubung antara Microsoft visual basic dan Microsoft Access.

2. Menu Utama

Pada aplikasi yang dibuat ini, *form* pertama yang muncul ketika aplikasi *visual basic* dijalankan adalah *form* menu utama. Bentuk tampilan menu utama dapat dilihat pada gambar 11 berikut.



Gambar 11 Hasil pembuatan form menu utama aplikasi pemantauan udara pada *Microsoft Visual Basic 2010*

Pada menu utama ini terdapat beberapa tool yang dapat dipergunakan diantaranya:

- ToolStrip Menu File, pada tool file terdapat dua perintah yaitu connect to libelium yang merupakan fungsi untuk mencari atau menghubungkan COM perangkat pemantauan udara (*Zigbee*), dan perintah exit yang berfungsi untuk keluar dari aplikasi atau menghentikan

aplikasi pemantauan udara. Bentuknya dapat dilihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 12 Tool Menu Strip dari File

- Button Hasil Monitoring ini berfungsi sebagai tombol yang digunakan untuk membuka form1 yang merupakan form yang digunakan untuk tempat hasil data dari waspmote Plug and Sense dan waspmote OEM.



Gambar 13 Hasil Koneksi SerialPort dengan *Zigbee Gateway*

Format Data yang diterima oleh Aplikasi

Dalam melakukan pemantauan kualitas udara yang diterima dari *Zigbee gateway* sebagai penerima terdapat dua *frame* data dari dua perangkat berbeda yaitu waspmote OEM dan Waspmove Plug and Sense, sehingga data harus dipisahkan yang tadi menjadi satu bagian frame

kemudian dipisah menjadi dua frame data berbeda berdasarkan node ID dari perangkat, jadi pada form ini dibutuhkan satu buah Richtextbox sebagai media pembantu dari penerimaan data, dan dua Texboxt sebagai tempat data yang telah dipisah menjadi dua frame. Bentuk pemisahan data dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Texboxt dan Richtexboxt pada form Menu utama untuk membantu pemisahan data

3. FORM1

Pada saat kita mengklik button “Hasil Monitoring”, maka akan muncul Form1. Form1 merupakan sebuah penamaan untuk aplikasi pada form yang digunakan untuk menempatkan data pada form yang telah ditentukan, dan pada form ini juga data pengamatan diolah serta dilakukan penyimpanan di Microsoft Access 2010, jadi disimpulkan ini merupakan form inti dari aplikasi yang telah di buat. Pada FORM1 terdapat dua TabControl Hasil Pemantauan yang berisi data pemantauan *waspmote plug and sense* (PM_{10}) dan *waspmote OEM* (CO dan O_3) dan TabControl tampilan grafik ISPU. Bentuk tampilan dari FORM1 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15 Hasil tampilan TabControl Hasil Pemantauan

Pada TabControl hasil pemantauan terdapat beberapa toolbox yang berisi hasil pemantauan dari *waspmote* yang telah diolah dan pada perintah di form ini juga terdapat perintah *VB code* untuk menyimpan data di *database Microsoft Access*.

Pada form ini juga terdapat TabControl untuk menampilkan hasil pemantauan udara dalam grafik ISPU sehingga memudahkan dalam mengambil kesimpulan. Bentuk tampilan grafik dan penjelasan dapat dilihat pada gambar 16 dan tabel 4.



Gambar 16 Hasil tampilan pengolahan data pemantauan dalam grafik ISPU

Tabel 4 Penjelasan Grafik ISPU di Form1

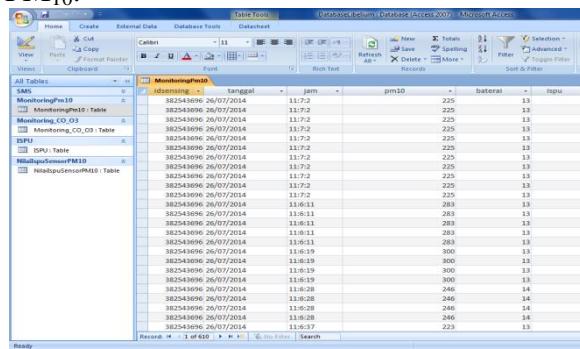
No.	Kondisi	Warna
1	Baik	Hijau
2	Sedang	Biru
3	Tidak Sehat	Kuning
4	Sangat Tidak Sehat	Merah
5	Berbahaya	Hitam

Hasil Pembuatan Database Microsoft Access

Tujuan dari pembuatan *database* adalah tempat menyimpan data pemantauan udara yang telah dilakukan oleh *Waspmove* yang diterima oleh *Zigbee*. Data tersebut akan secara otomatis setelah timer bekerja untuk mengolah data dan selanjutnya data tersebut sesuai *textbox* dan tujuan penyimpanan maka data tersebut akan tersimpan di *microsoft acces7* yang telah dibuat.

1. Database MonitoringPM10

Pada *database* yang telah dibuat ini merupakan *database* untuk menyimpan semua data hasil pemantauan kualitas udara PM_{10} .



	idmonitoring	tanggal	jam	pm10	baterai	ispu
1	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
2	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
3	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
4	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
5	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
6	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
7	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
8	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
9	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
10	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
11	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
12	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
13	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
14	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
15	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
16	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
17	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
18	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
19	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
20	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
21	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
22	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
23	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
24	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
25	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
26	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
27	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
28	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
29	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
30	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
31	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
32	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
33	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
34	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
35	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
36	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
37	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
38	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
39	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
40	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
41	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
42	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
43	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
44	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
45	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
46	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
47	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
48	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
49	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
50	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
51	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
52	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
53	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
54	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
55	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
56	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
57	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
58	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
59	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
60	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
61	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
62	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
63	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
64	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
65	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
66	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
67	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
68	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
69	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
70	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
71	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
72	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
73	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
74	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
75	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
76	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
77	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
78	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
79	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
80	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
81	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
82	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
83	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
84	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
85	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
86	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
87	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
88	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
89	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
90	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
91	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
92	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
93	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
94	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
95	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
96	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
97	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
98	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
99	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
100	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
101	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
102	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
103	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
104	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
105	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
106	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
107	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
108	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
109	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
110	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
111	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
112	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
113	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
114	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
115	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
116	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
117	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
118	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
119	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
120	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
121	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
122	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
123	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
124	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
125	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
126	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
127	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
128	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
129	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
130	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
131	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
132	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
133	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
134	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
135	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
136	382543096	26/07/2014	11:17:2	225	13	229
1						

untuk menentukan nilai hasil ispu tersebut apakah udara tersebut dalam keadaan baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat atau berbahaya.

Gambar 20 Tabel Penentuan Nilai ISPU di *Microsoft Access 2007*

Pelaksanaan Pemantauan Udara

Pelaksanaan pemantauan dilakukan untuk membuktikan apakah aplikasi yang telah dibuat berjalan sesuai dengan peruntukannya, aplikasi yang telah dibuat dan dikonfigurasi dapat berjalan dan dapat dihubungkan dengan alat pemantauan *Waspmove plug and sense* dan *Waspmove OEM* melalui *zigbee gateway*. Dalam melaksanakan pemantauan ini aplikasi bisa dihubungkan dengan kedua alat pemantauan yang terhubung secara bersamaan oleh *zigbee gateway*, dan aplikasi dapat juga di pergunakan untuk masing-masing alat pemantauan.

Pemantauan udara ini dilakukan secara berkala yang dimulai dari bulan Juli 2014 sampai dengan bulan Maret 2015, dan dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Riau secara berkala.

Topologi yang dipergunakan yaitu dilakukan dengan topologi star, dimana *zigbee* sebagai pusat penerima informasi dari *wireless sensor network waspmote*. Baik dapat digunakan dalam dua perangkat *waspmove* terhubung ke *Zigbee Gateway*, maupun digunakan satu persatu dalam melakukan pemantauan. Bentuk peletakan perangkat dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21 Bentuk Topologi Star Perangkat *Wireless Sensor Network Waspmove*



Gambar 22 Pemantauan udara di Kawasan Universitas Riau oleh *Waspmove Plug and sense*



Gambar 23 Pemantauan udara di Kawasan Universitas Riau oleh *Waspmove OEM*

Data Pemantauan Udara di Universitas Riau

Pengambilan data pemantauan dilakukan di kawasan Universitas Riau, khusunya di laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro. Pengamatan dilakukan rentang waktu bulan Juli 2014 sampai bulan Maret 2015, data yang dilampirkan pada penelitian ini.

1. Data Pemantauan Wasp mote Plug and Sense

Tabel 5 Pemantauan PM₁₀ Oleh *Wasp mote Plug and Sense*

ID Sensing	Tanggal	PM10 Alat (mg/m ³)	PM10 (ug/m ³)	Nilai ISPU
382543696	26 Juli 2014	0,354	354	205
382543696	27 Juli 2014	0,316	316	183
382543696	14 Maret 2015	0,046	46	46

Pada tabel hasil pemantauan tersebut di dapat dari rumus konveri pada rumus 2 dan rumus konversi ipus dai dapat pada rumus 1.

2. Data Pemantauan Wasp mote OEM

Tabel 6 Pemantauan CO dan O₃ Oleh *Wasp mote OEM*

Tanggal Monitoring	Hasil Sensor CO	Hasil Sensor O ₃	CO (mg/m ³)	O ₃ (ug/m ³)	Hasil SPU CO	Hasil ISPU O ₃
03 Februari 2015	0,167	0,41	0,832 (1)	106	10	44
24 April 2015	0,145	0,40	0,73 (1)	105	10	43

Pada tabel hasil pemantauan merupakan hasil konversi dari data yang diterima alat berdasarkan rumus untuk CO konversi ke ISPU di mulai dengan rumus 3,4,5 dan 6 untuk konversi ke ISPU rumus

1. Sedangkan pada data O₃ rumus konversi yang digunakan yaitu rumus pada 7 dan 8, serta konversi ISPU menggunakan rumus 1.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemantauan kualitas udara di kawasan Universitas Riau menggunakan perangkat Wireless Sensor Network Wasp mote yang terdiri dari Wasp mote Plug and Sense untuk mengukur kadar PM10 dan Wasp mote OEM untuk mengukur kadar CO dan O₃, kemudian dengan pengiriman jarak jauh menggunakan Zigbee, media pendukung untuk menjalankan dan mengolah data pemantauan dilakukan dengan aplikasi yang telah dibuat di Microsoft Visual Basic 2010, dimana aplikasi akan menampilkan data baik data dalam angka maupun dalam grafik untuk memudah dalam memahami kondisi udara sesuai dengan ISPU (indeks standar pencemaran udara) kemudian selanjutnya data pemantauan akan disimpan di database yang dibuat di Microsoft Access 2007 yang terhubung langsung dengan aplikasi pemantauan saat dijalankan.

Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan pada penelitian selanjutnya yang ingin meneruskan penelitian ini adalah:

1. Apabila perangkat ini akan dipakai untuk melakukan pemantauan udara lebih dari 24 jam, untuk lebih efektifnya sebaiknya memakai perangkat pendukung yaitu Libelium Meshlium, dimana fungsi laptop tergantikan.
2. Untuk penelitian lanjutan sebaiknya terdapat perangkat pemantauan udara yang lain, yang digunakan sebagai pembanding dan acuan perangkat *Wasp mote Libelium*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Dr. Yusnita Rahayu, ST., MT dan ibu Ery Safrianti ST, MT selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada para sahabat, Windy Safutry dan rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasi, G., Conti, M., Francesco, M.D. & Passarella, A. (2008). *Energy Conservation in Wireless Sensor Networks : A Survey*.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup. (1998). *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Standar Pencemar Udara*. Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia.
- Chourasia, A. N. Dan Washimkar, P. 2012. *Zigbee Based Wireless Air Pollution Monitoring*. International Conference on Computing and Control Engineering (ICCCE 2012)
- Fahri, Ridwan. (2009). *Studi Kinerja Protokol Routing On-Demand pada Wireless Ad-Hoc Network Menggunakan Network Simulator-2*. Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Bandung.
- Faisal, F., Yunus, F. & Harahap, F. 2012. *Dampak Aspa Kebakaran Hutan pada Pernapasan*. Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi. Universitas Indonesia.
- Leong, Malron. 2006. *Dari Programmer untuk Programmer Visual Basic*. Yogyakarta : Andi.
- Libelium, 2013, Wspmote Plug & Sense Technical Guide. <http://www.libelium.com/development/plug-sense/documentation/wspmote-plug-sense-technical-guide/>, Pada Tanggal 15 Maret 2014, Pukul 13.00 WIB.
- Libelium, 2013, Wspmote Technical Guide. <http://www.libelium.com/development/wspmote/documentation/wspmote-technical-guide/>, Pada Tanggal 16 Maret 2014, Pukul 15.00 WIB
- Putra, Harka. 2010. *Perancangan dan Implementasi Wireless Sensor Network (WSN) berbasis IEEE 802.15.4 / Zigbee*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Komputer Indonesia, Bandung.
- Putra, Rahmat. 2006. *Innovative Source Code Visual Basic*. Jakarta : Dian Rakyat.
- Sadeli, Muhammad. 2012. *Aplikasi SMS Dengan Visual Basic 6.0 dan Visual Basic 2010*. Palembang : Maxikom.
- Schneider,I., David. 2009. *An Introduction to Programming Using Visual Basic 2008. Learning and Practising Visual Basic 10 + Ms. Access 2010*. Yogyakarta : Skripta.
- Sadeli, Muhammad. 2011. *7 Jam Belajar Interaktif Access 2010 untuk Orang Awam*. Palembang : Maxikom.
- Widiasrini, Ferawati, R. T. 2005. *Zigbee Komunikasi Wireless Berdaya Rendah*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi. Yogyakarta.