

## **SISTEM PENDETEKSI DINI KEBAKARAN GEDUNG BERBASIS ZIGBEE MESH NETWORK**

Ponco Wali Pranoto<sup>1</sup>, Rovadita Anggorowati<sup>2</sup>

Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

E-mail: [poncowali@uny.ac.id](mailto:poncowali@uny.ac.id) , [rovadita.anggorowati@yahoo.com](mailto:rovadita.anggorowati@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Perkembangan teknologi khususnya dalam hal informasi dan komunikasi menjadi peran penting dalam dunia masa kini, sebagai contoh penerapan teknologi informasi dan komunikasi telah merambah dalam segala aspek kehidupan diantaranya ialah rumah tangga, otomotif, militer, kesehatan, industri, hingga lingkungan. Salah satu contoh perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini ialah wireless sensor network (WSN) yang mana pengembangan dan penelitiannya masih sangat terbuka lebar. Pada penelitian ini peneliti membangun sebuah sistem deteksi bahaya kebakaran dengan mengimplementasikan Zigbee Mesh Network berbasis wireless sensor network (WSN). Untuk sensor pendeteksi bahaya kebakaran yang digunakan adalah LM35, dan MQ-2 selain itu untuk komunikasi wireless nya menggunakan modul Xbee S2. Node sensor yang dibangun langsung terhubung antara modul Xbee dengan sensor LM35 dan MQ-2. Hasil dari pembacaan sensor akan dikirim ke koordinator dan diolah di Arduino. Kemudian data yang telah diolah akan ditampilkan pada antarmuka yang dibuat menggunakan aplikasi Visual Studio. Dari sistem yang telah dirancang mampu bekerja tanpa mikrokontroler untuk node sensor karena hanya melakukan pembacaan ADC dan digital. Sistem dapat bekerja dengan baik apabila jarak node dengan koordinator < 40 m. Selain itu proses pengiriman data tidak terganggu apabila salah satu node sensor mengalami gangguan.

**Kata kunci:** LM35, MQ-2, Xbee S2, WSN

### **PENDAHULUAN**

Seiring dengan perkembangan zaman, pembangunan akan gedung-gedung semakin menjulang tinggi. Dengan pembangunan tersebut dibutuhkan suatu sistem keamanan khususnya dari bahaya kebakaran untuk menghindari jatuhnya korban jiwa maupun luka-luka. Selain menghindari adanya korban, tak dipungkiri besarnya kerugian material yang diakibatkan apabila kebakaran telah terjadi dan menyebar luas hingga ke seluruh bagian ruangan gedung. Maka dari itu dibutuhkan suatu sistem pendeteksi kebakaran dini untuk menghindari korban dan mendeteksi lokasi sumber kebakaran pada setiap ruangan gedung.

Sistem pendeteksi dini kebakaran dapat dibangun dengan menggunakan sensor asap dan api untuk merasakan perubahan keadaan suhu dan adanya asap. Karena sensor hanya dapat mendeteksi pada lingkungan dimana sensor tersebut berada maka setiap sensor memiliki keterbatasan jangkauan dan tidak mampu satu

sensor untuk menjaga keamanan seluruh ruangan gedung. Maka untuk membangun sistem pendeteksi dini kebakaran dibutuhkan penyebaran sensor pada setiap ruangan gedung. Dengan adanya penyebaran sensor, keamanan setiap ruangan gedung dapat terjaga.

Perkembangan teknologi seperti Wireless Sensor Network (WSN) saat ini sangat berkembang pesat (Firdaus, 2014). Proses pengiriman data secara wireless dan pemantauan jarak jauh tanpa peneliti harus berada dilokasi tempat sensor berada membuat teknologi WSN sangat diminati untuk diteliti dan dikembangkan. Penelitian-penelitian dilakukan guna menambah nilai fungsi dari WSN terutama dalam hal membangun sebuah sistem yang besar namun hemat energi. Salah satu perkembangan dari WSN ialah adanya Zigbee Mesh Network yang mana dirancang khusus untuk pembaangunan sistem skala besar dengan pengiriman data secara multi-hop (estafet) sehingga dapat menghemat energi lebih besar dari teknologi WSN pada umumnya.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Tabel 1. Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Xbee Series 2 XB24-27WIT-004	4	Komunikasi wireless
2	Xbee Adapter	1	Penghubung dan pengkonfigurasi Xbee dengan PC
3	Kabel RS232	1	Penghubung Xbee dengan Arduino
4	Xbee Shield Arduino	1	Penghubung Xbee dengan Arduino
5	Xbee Breakout Shield	3	Papan perluasan pin Xbee
6	Arduino Uno	1	Pusat penerima dan penyimpan data komunikasi
7	Sensor MQ-2	3	Sensor Asap
8	Sensor LM35	3	Sensor Suhu
9	Button	3	Tombol Darurat
10	Buzzer	1	Alarm Keadaan Darurat
11	Papan PCB		Cetak rangkaian
12	Tenol Solder		Perekat komponen
13	Ferit Clorit		Pelatur tembaga
14	Kabel Jumper		Penghubung rangkaian
15	Kabel Pelangi		Penghubung sensor dengan PCB
16	Resistor 680		Komponen pull

	ohm		down pada tombol
17	White Housing		Penghubung sensor dengan PCB
18	Lem G		Perekat
19	Baut dan Mur		Packaging alat
20	Mata Bor		Pelubang PCB
21	Amplas		Penghalus PCB
22	Baterai LI-Po	3	Sumber daya <i>node</i> sensor
23	Papan <i>Hardboard</i>		<i>Packaging system</i>
24	Switch DC	3	Saklar
25	LED	6	Indicator
26	Diode 1N4004	3	Pengaman rangkaian
27	LM317	3	Regulator 3.3 V
28	LM7805	3	Regulator 5 V
29	Kapasitor 1 uF dan 0.1 uF	6	Penyaring sinyal
30	Trimpot 5 k	3	Pengatur keluaran regulator
31	Resistor 330 ohm	3	Pengatur keluaran regulator
32	<i>Black Box</i>	4	<i>Packaging node</i>

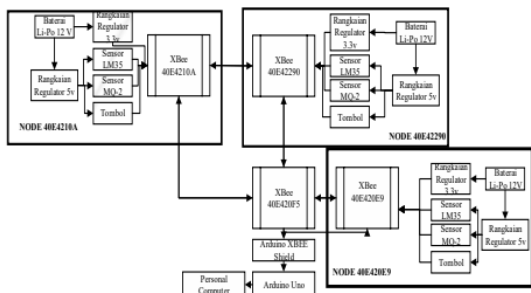
### Alat Penelitian

Tabel 2. Alat Penelitian

No.	Jenia Alat	Nama Alat	Keterangan
1	Perangkat Lunak	XCTU	Konfigurasi modul Xbee
		Arduino IDE 1.6.5	Program pada Arduino
		Eagle	Aplikasi desain jalur rangkaian
		Visual Studio C#	Aplikasi antarmuka sistem
2	Alat Solder	Solder	Penyambung komponen

			rangkain
		Pasta Solder	Pembersih mata solder
		Solder Vacum	Pembersih sisa timah
3	Catu Daya	Adaptor Bor Tangan	Pemberi tegangan bor tangan
4	Alat Perkakas	Cutter	Pemotong PCB
		Obeng	Pengatur trimpot dan memutar baud
		Tang Potong	Pemotong kanel dan sisa kaki komponen
		Tang Jepit	Penjepit komponen dan perekat
		Gunting	Penggunting kertas layout
		Bor tangan	Pelubang jalur rangkaian pada PCB

**Perancangan Perangkat Keras**



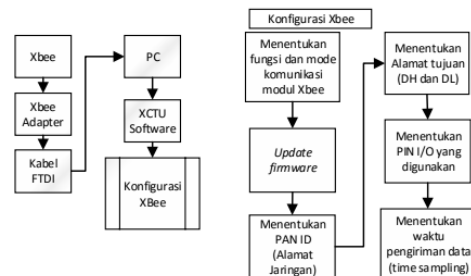
**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem

Sistem terdiri dari 3 buah node sensor yakni node 40E4210A, node 40E42290 dan node 40E420E9 . Node sensor 40E4210A dikonfigurasi sebagai router 1, node sensor 40E42290 sebagai router 2 dan node sensor

40E420E9 dikonfigurasi sebagai perangkat akhir (end device). Setiap node sensor terdiri dari sensor suhu yakni LM35, asap yakni MQ2 dan tombol. Karena keluaran LM35 berupa nilai analog yang dapat dikonversi menjadi nilai digital (ADC), sensor MQ-2 dikonfigurasi menjadi digital dan tombol berupa nilai digital, maka dapat dihubungkan langsung dengan Xbee tanpa menggunakan mikrokontroler . Hal ini dikarenakan pada Xbee telah tersedia pin I/O ADC dan digital.

Pengiriman dan penerimaan data terpusat pada koordinator yakni menggunakan Xbee 40E420F5. Koordinator terhubung dengan Arduino Uno menggunakan Arduino Xbee shield . Data yang diterima oleh koordinator diolah didalam Arduino Uno agar kemudian ditampilkan dalam Personal Computer (komputer). Setelah data diolah kemudian ditampilkan dalam antarmuka (interface) dengan menggunakan Visual Studio.

**Perancangan Perangkat Lunak**



**Gambar 2.** Perancangan Perangkat Lunak Konfigurasi Modul Xbee

Konfigurasi modul Xbee dibutuhkan Xbee Adapter dan kabel FTDI sebagai perantara antara modul Xbee dengan komputer. Pengkonfigurasi modul Xbee menggunakan XCTU software yang dibuat oleh Digi International. Pengkonfigurasi modul Xbee yang pertama dilakukan adalah menentukan fungsi dari modul Xbee yakni sebagai koordinator, router, ataukah perangkat akhir. Untuk menentukan fungsi dari modul Xbee yang digunakan dilakukan dengan cara memperbaharui firmware (update firmware). Penelitian ini menggunakan modul Xbee S2,



**Tabel 4.** Hasil pembacaan sensor MQ-2 pada node 420E420E9

Status	Hasil Pembacaan
Ada Asap	1
Tidak Ada Asap	0

**Pengujian Efektifitas Jarak**

Pengujian efektifitas jarak node sensor 40E420E9 dilakukan untuk menguji sejauh mana node sensor 40E420E9 dapat mengirimkan data terhadap koordinator. Berikut Tabel 5. hasil pengujian efektifitas jarak tempuh node sensor 40E420E9.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Efektifitas Jarak Node 40E420E9

Jarak (m)	Status Data
4	Terkirim
8	Terkirim
12	Terkirim
16	Terkirim
20	Terkirim
24	Terkirim
28	Terkirim
32	Terkirim
36	Terkirim
40	Tidak Terkirim

**Hasil Pembacaan Arduino**

```

COM16 (Arduino/Genuine Uno)
Received I/O from : 13A200, 40E420E9
Sample Contains analog data
Suhu 40E420E9 = 31.44
ADC = 249 *C
Sample contains digital data
Emergency from 40E420E9 = 0
MQ2-Status 40E420E9 = 1
Received I/O from : 13A200, 40E420E9
Sample Contains analog data
Suhu 40E420E9 = 31.91
ADC = 272 *C
Sample contains digital data
Emergency from 40E420E9 = 0
MQ2-Status 40E420E9 = 1
Received I/O from : 13A200, 40E420E9
Sample Contains analog data
Suhu 40E420E9 = 32.38
ADC = 276 *C
Sample contains digital data
Emergency from 40E420E9 = 0
MQ2-Status 40E420E9 = 1
Received I/O from : 13A200, 40E420E9
Sample Contains analog data
Suhu 40E420E9 = 32.61
ADC = 279 *C
Sample contains digital data
Emergency from 40E420E9 = 0
MQ2-Status 40E420E9 = 1
Received I/O from : 13A200, 40E420E9
Sample Contains analog data
Suhu 40E420E9 = 32.73
ADC = 279 *C
    
```

**Gambar 6.** Hasil Pembacaan Node 40E420E9 Pada Serial Monitor

**Hasil Pengujian Sistem**

Pengujian sistem dilakukan dengan dua tahap yakni pengujian komunikasi data dengan Zigbee Mesh Network dan pengujian sistem

secara keseluruhan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penempatan node sensor yang efektif pada Zigbee Mesh Network secara nyata. Percobaan dilakukan sebanyak 4 kali. Berikut hasil dari salah satu percobaan.

Percobaan 1

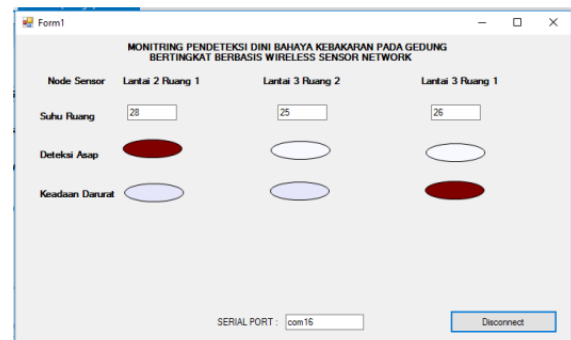
**Tabel 5.** Hasi Percobaan 1

Node	Status	Lokasi
40E420E9	Aktif	Lantai 3 Ruang 2
40E42290	Aktif	Lantai 3 Ruang 1
40E4210A	Aktif	Lantai 2 Ruang 1
40E420F5 (Koordinator)	Aktif	Tangga

**Tabel 6.** Data Hasil Pencuplikan 10 Data Percobaan 1

No	Data
1	7E0014920013A20040E420E9E08C0201001102000100FD0B
2	7E0014920013A20040E4210ABF460201001102000100EC61
3	7E0014920013A20040E420E9E08C0201001102000100FD0B
4	7E0014920013A20040E4210ABF460201001102000100EC61
5	7E0014920013A20040E42290342F0201001102000021156
6	7E0014920013A20040E420E9E08C0201001102000100FD0B
7	7E0014920013A20040E42290342F0201001102000020F58
8	7E0014920013A20040E4210ABF460201001102000100EC61
9	7E0014920013A20040E4210ABF460201001102000100ED60
10	7E0014920013A20040E420E9E08C0201001102000100FD0B

**Tampilan Pengujian Sistem**



**Gambar 7.** Pengujian Tampilan Antarmuka

**Analisa Data**

Analisa data dilakukan untuk membuktikan kebenaran antara teori dasar dengan data hasil yang diperoleh secara nyata. Analisa data berupa perhitungan atas data yang diperoleh dan pada penelitian ini dilakukan analisa data terhadap hasil dari pembacaan suhu pada setiap node sensor. Karena hasil pembacaan sensor suhu yang dikirimkan ke

koordinasi berupa ADC, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{out\ LM35} = \frac{data\ ADC}{maks\_dataADC} \times V_{ref}$$

Keterangan :

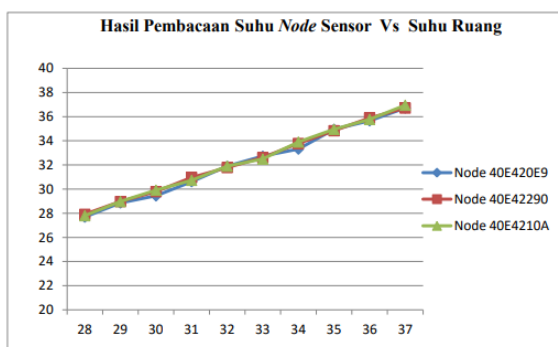
Data ADC = hasil pembacaan adc

Maks\_dataADC = 1023

Vref = tegangan referensi (V)

Vout LM35 = hasil pembacaan sensor LM35 (mV)

### Grafik Hasil Pembacaan



**Gambar 8.** Hasil Pembacaan Suhu *Node* Sensor

Dari Gambar 8. dapat dilihat bahwa hasil pembacaan suhu pada setiap node sensor bersifat linier. Semakin tinggi suhu ruang maka hasil pembacaan suhu pada node sensor juga semakin tinggi.

### Pembahasan Dan Diskusi

Suhu dan asap sangat erat kaitannya dengan bahaya kebakaran maka dari itu pada penelitian ini digunakan sensor suhu dan asap untuk mendeteksi adanya kemungkinan bahaya kebakaran pada suatu ruang. Pada suhu ruang standar atau suhu kamar normal yakni sebesar 25 - 30°C. Akan tetapi, apabila suhu kamar tersebut naik semakin tinggi maka suhu kamar tersebut menjadi tidak normal dan hal tersebut harus diwaspadai karena dapat berakibat menimbulkan kebakaran.

Selain suhu yang meningkat adanya asap pembakaran, bisa disebabkan puntung rokok, kompor yang lupa dimatikan berjamb-

am, atau bahkan kabel listrik yang konslet dapat menjadi sebuah indikasi penyebab kebakaran.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Arkan (2014), telah dikembangkan sebuah sistem deteksi kebakaran menggunakan teknologi Wireless Sensor Network. Penekanan dalam penelitian ini terletak pada proses transfer data dari sensor suhu, sensor titik api dan sensor asap ke pusat kontrol. Transfer data yang dimaksudkan dalam hal ini adalah kecepatan transfer data dan kekuatan sinyal (-dBm) dengan jarak terjauh yang bisa dijangkau oleh Zigbee tersebut. Sensor suhu yang digunakan ialah sensor LM35DZ, untuk sensor titik api menggunakan kombinasi sensor LM358N dan photodiode sedangkan untuk sensor asap menggunakan kombinasi sensor LM358N dan LDR. Modul komunikasi yang digunakan untuk membangun sistem ini ialah Xbee Pro S1 dengan mode komunikasi yaitu Application Programming Interface (API). Sistem deteksi kebakaran yang dibangun menggunakan 3 buah node yang mana 2 node sebagai end device yang berfungsi mengambil data sensor pada detektor dan 1 node sebagai koordinator yang terhubung langsung dengan komputer. Hasil dari pemantauan suhu ditampilkan pada komputer dengan sebuah antarmuka yang dibangun menggunakan Visual Basic 6.0. Hasil dari pengujian sistem ialah sistem dapat dibangun dengan baik pada model join a network yaitu antara koordinator dan end device pada jarak terjauh dalam ruangan sebesar 72,8 meter dengan kekuatan sinyal -73,67 dBm. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah jarak terjauh dari modul Xbee Pro S1 untuk komunikasi data didalam ruangan sebesar 70,8 meter.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Susana dkk (2015), telah diteliti sebuah sistem WSN yang digunakan untuk mendeteksi kebakaran berupa api dan asap. Sensor api dan asap yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Uno hasil pendeteksian kemudian dikirimkan melalui sms kepada pemadam kebakaran dan tim investigasi pemadam

kebakaran. komunikasi GSM sistem ini dibuat dengan batasan ruangan sebanyak 3 ruang dengan ukuran sebesar 15x15x15 cm, penempatan sensor tidak diperhitungkan dan sensor yang digunakan ialah sensor api dan asap.

Paling banyak penyebab kebakaran pada rumah tangga disebabkan oleh konsletnya kabel listrik maka dari itu selain mengembangkan alat deteksi kebakaran menggunakan sensor suhu dan asap, pada penelitian ini juga dikembangkan pengurangan kabel pada alat yang dikembangkan. Pengurangan tersebut dilakukan dengan memanfaatkan konsep Wireless Sensor Network. Pengembangan dari Wireless Sensor Network dalam berbagai bidang saat ini sangatlah pesat karena efektifitas dan pengurangan biaya serta energi yang sangat signifikan dalam penggunaannya. Karena tidak menggunakan kabel sebagai komunikasi datanya maka sistem ini menjadi portable dan untuk penempatan dari setiap sensor node sangat perlu diperhatikan agar pembacaan data juga maksimal. Seperti sensor asap MQ2, apabila terdapat asap dari samping maka pembacaan datanya sangat tidak sensitif, lain halnya apabila asap yang dideteksi berasal dari depan sensor.

Dari penelitian ini telah dilakukan beberapa percobaan dan pengambilan data untuk mengetahui keberhasilan dari sistem yang telah dikembangkan seperti yang tertera pada data hasil diatas. Pada pengujian sensor suhu, data yang dihasilkan dari setiap node sensor memang sedikit terjadi perbedaan pembacaan data pada termometer ruang dan sensor suhu akan tetapi itu merupakan hal yang wajar karena dalam pembacaan termometer terdapat kemungkinan terjadi kesalahan pada pengelihatian garis alkohol dan selain itu pada pembacaan sensor dilakukan pengiriman data dari pembacaan setiap 5 detik sehingga dapat menyebabkan ketidaksamaan pembacaan data namun secara keseluruhan data yang didapatkan dari sensor suhu bersifat linier.

Pada pengujian sensor asap MQ-2, data yang terbaca bersifat digital karena pada

penelitian ini memanfaatkan pin DO dari MQ-2 untuk mendeteksi ada atau tidaknya asap didalam ruangan. Pada pengujian ini didapatkan hasil apabila terdapat asap maka DO bernilai 0 dan apabila tidak terdapat asap maka DO bernilai 1. Pada sistem ini juga dilengkapi dengan tombol, yang mana tombol tersebut difungsikan sebagai tombol darurat. Apabila didalam ruangan terdapat seseorang yang kondisinya dalam keadaan darurat maka dapat menggunakan tombol tersebut untuk meminta bantuan. 70

Setelah pengujian setiap sensor, dilakukan pengujian efektifitas jarak setiap node sensor untuk mengetahui seberapa jauh node sensor dapat terhubung dengan koordinator. Di dalam datasheet Xbee S2, modul Xbee S2 mampu menempuh jarak sejauh 40m akan tetapi dari pengujian ini, pada saat jarak node sensor sejauh 40m data tidak dapat terkirim. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan yang ada didaerah pengujian.

Keuntungan yang didapatkan dari Zigbee Mesh Network adalah reliable atau data yang dikirimkan dalam jaringan pasti akan sampai pada koordinator. Hal ini telah dibuktikan dengan melakukan percobaan pada sistem jaringan dengan menonaktifkan salah satu node sensor.

Dari hasil percobaan tersebut, walaupun terdapat salah satu node sensor yang tidak aktif hal itu sama sekali tidak mempengaruhi proses pengiriman data dalam jaringan. Data yang dikirimkan dari node yang aktif dapat diterima oleh koordinator. Proses pengiriman data yang dilakukan menggunakan mode komunikasi API pada koordinator. Maka dari itu data yang dikirimkan berupa paket data dalam satuan Hexadesimal. Data yang dikirimkan kemudian diolah oleh Arduino Uno agar dapat terhubung dengan antarmuka. Pada tampilan antarmuka, data yang telah diolah oleh arduino ditampilkan dalam bentuk visual, sehingga pengguna lebih mudah memahami informasi yang didapatkan. Selain itu dari tampilan antarmuka, pengguna dapat

mengetahui titik lokasi asal mulanya indikasi kebakaran terjadi dari jarak jauh.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem peringatan dini kebakaran berbasis zigbee mesh network telah dapat dibangun dari jarak jauh dan hemat energi.
2. Alamat PAN ID pada node sensor dalam satu jaringan harus sama agar dapat saling berkomunikasi.
3. Dalam satu jaringan hanya memiliki satu koordinator dan pada koordinator harus menggunakan mikrokontroller.
4. Pembangunan sistem sensor jaringan nirkabel dengan menggunakan topologi Mesh pada Zigbee Mesh Network Xbee S2 dapat dibangun dengan mengkonfigurasi alamat DH= 0 dan DL=0 pada XCTU.
5. Node sensor yang tidak aktif tidak mempengaruhi pengiriman data pada node sensor yang aktif.
6. Komunikasi yang digunakan oleh koordinator harus dalam mode komunikasi API sedangkan node sensor dapat menggunakan AT maupun API.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abad, M., & Jamali, M. (2011). Modify LEACH algorithm for Wireless Sensor Network. *International Journal of Computer Science* , Vol. 8 No.1.
- [2] Afreen, S., & Begum, I. (2016). Wireless Sensor Network and Web Based Information System for Asthma Trigger Factors Monitoring. *International Journal & Magazine of Engineering, Technology, Management and Research* , 334.
- [3] Algoiare, O. T. (2014). Design and Implementaton of Intelligent Home Using GSM Network. Ankara: Cankaya University.
- [4] Amalina, E. N., dkk (2013). Perbandingan Topologi WSN(Wireless Sensor Network untuk Sistem Pemantauan Jembatan. *Smart-*

*Green Technology in Electrical and Information*. Bali: Universitas Udayana.

- [5] Krishnamurti, K., dkk. (2015). Arduino Based Weather Monitoring System. *International Journal of Engineering Research and General Science* , Vol.3, Issue 2.
- [6] Sugiarto, B. (2010). Perancangan Sistem Pengendalian Suhu pada Gedung Bertingkat dengan Teknologi Wireless Sensor Network. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M* , 62-68.
- [7] Susana, Ratna., dkk. (2015). Implementasi Wireless Sensor Network Prototype Sebagai Fire Detector menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan* . Instruments, Texas (2016). LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Texas Instruments Incorporated.
- [8] Utomo, B. T., & Saputra, D. S. (2016). Simulasi Sistem Pendeteksi Polusi Ruangan Menggunakan Sensor Asap dengan Pemberitahuan Melalui SMS(Short Message Service) dan Alarm Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasia ASIA(JITIKA)* , 56.