

**PENGEMBANGAN DETEKSI *ONLINE* GAS KARBONDIOKSIDA
MENGUNAKAN CO₂ METER VOLTcraft CM-100**

Sri Handayani*, Lazuardi Umar, Rahmondia Nanda Setiadi.

Jurusan Fisika

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia**

**andha.sri@gmail.com*

ABSTRACT

Air pollution is one of environmental contaminations occurred by various factors, outside and inside the room. Based on NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), the safe level of Carbondioxide for humans is less than 1000 ppm. In this study one sample component is developed that can measure and monitor the levels of Carbondioxide, and a moisture level inside the room by online service. this uses a Carbondioxide meter and SHT11 sensor-based microcontroller ATmega8535. The development of Carbondioxide consists of two stages of process, namely, a design and construction of the air quality monitoring systems, and data acquisition. There are four scenarios for collecting data smoky weather, rain weather, measurements of carbon dioxide levels in the room with variations of ventilation and variations in the number of occupants in the room. The research sucesfully designs the component. It can be seen from the amount of Carbondioxide stage and humidity levels. The amount of Carbondioxide concentration on the smoke state the maximum is 621 ppm while the minimum value is 426 ppm. For intersection of accupant and ventilation variable, the maximum and minimum Carbondioxide is 1535 ppm and 467 ppm respectively. The moisture measurement scenario with SHT11 sensor for smoky weather has maximum value at 83.9%, the moisture with a minimum is at 71.0%, on the rain weather maximum value obtained at 85.8% and 77.3% for minimum. While the occupant's variation and variation of ventilation obtained maximum humidity value at 82.7% with a minimum value at 68.7%.

Keyword: Carbondioxide Meter, RS-232, SHT11, Microcontroller ATmega8535, Online

ABSTRAK

Pencemaran udara merupakan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh berbagai faktor. Selain adanya pencemaran di luar ruangan ada juga pencemaran di dalam ruangan. Menurut NIOSH (*National Institute for Occupational Safty and Health*), kadar karbondioksida aman untuk manusia adalah kurang dari 1000 ppm. Pada penelitian ini dikembangkan alat yang dapat mengukur dan mengamati kadar karbon dioksida dan kelembaban di dalam ruangan secara *online* menggunakan Karbondioksida meter dan sensor SHT11 berbasis mikrokontroler ATmega8535. Pengembangan alat ukur Karbondioksida meter dan sensor SHT11 berbasis mikrokontroler ATmega8535 ini terdiri dalam dua tahapan pengerjaan yaitu, rancangan dan desain sistem monitoring kualitas udara, dan akuisisi data. Ada empat skenario pengambilan data yaitu, cuaca berasap, cuaca hujan, pengukuran kadar karbondioksida di dalam ruangan dengan variasi jumlah ventilasi dan variasi jumlah penghuni. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka alat ini telah berhasil dirancang, hal ini dapat dilihat

dari jumlah kadar konsentrasi karbondioksida dan kelembaban. Untuk jumlah konsentrasi karbondioksida maksimum pada keadaan asap adalah 621 ppm dengan nilai minimum 426 ppm. Dalam keadaan hujan jumlah konsentrasi karbondioksida maksimum ialah 518 ppm dan minimum adalah 426 ppm. Sedangkan pada keadaan variasi penghuni dan variasi ventilasi memiliki nilai maksimum karbondioksida 1535 ppm dan nilai minimum 467 ppm. Skenario pengukuran kelembaban dengan sensor SHT11 untuk keadaan asap memiliki nilai kelembaban maksimum 83,9% dengan minimum 71,0%, pada keadaan hujan nilai maksimumnya 85,8% dan minimum 77,3%. Sedangkan untuk variasi penghuni dan variasi ventilasi nilai kelembaban tertinggi kelembabannya adalah 82,7% dengan nilai minimum 68,7%.

Kata Kunci : Karbondioksida Meter, RS-232, SHT11, Mikrokontroler ATmega8535, Online

PENDAHULUAN

Udara merupakan komponen kehidupan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia maupun makhluk hidup lainnya seperti tumbuhan dan hewan. Udara dikatakan normal dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya terdiri dari sekitar 78% Nitrogen, 20% Oksigen, 0,93% Argon, 0,03% Karbondioksida dan sisanya terdiri dari Neon, Helium, Metan dan Hidrogen. Apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka udara dikatakan sudah tercemar (Mukono, 1997).

Dalam konsentrasi yang tinggi atau jumlah yang banyak gas karbondioksida dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti meningkatnya detak jantung, rasa tertekan didada, kesukaran bernapas bahkan dapat menyebabkan kematian. Keracunan gas karbondioksida pada keadaan yang ringan dapat ditandai dengan cepat lelah, mengantuk, leher tegang dan badan pegal-pegal (Rikomahoe, 2007). Menurut *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* nilai ambang batas zat pencemar karbondioksida di udara adalah 5000 ppm pada pengukuran 8 jam kerja. Kadar pencemar diudara selain dipengaruhi oleh sumber pencemar, melakukan pengukuran konsentrasi pencemar udara di dalam ruangan.

kecepatan angin dan suhu udara juga dapat mempengaruhi kadar pencemar udara di luar ruangan. Selain adanya pencemaran di luar ruangan ada juga pencemaran di dalam ruangan.

Upaya peningkatan kualitas udara di dalam ruangan dapat dilakukan dengan cara mendesain ventilasi yang ada di dalam ruangan tersebut. Desain ventilasi rumah harus baik dan lubang ventilasi harus tepat, sehingga sirkulasi udara dalam rumah berjalan baik. Ventilasi adalah proses dimana udara bersih dari luar ruang secara sengaja dialirkan kedalam ruang dan udara yang buruk dari dalam ruang dikeluarkan (Pudjiastuti, 1998).

Kualitas udara dalam ruangan dapat dipengaruhi dari berbagai aspek diantaranya; (1) kualitas udara diluar ruangan, (2) desain ventilasi, (3) sistem penyejuk udara, (4) kehadiran sumber kontaminan, (5) Sistem pemeliharaan dalam gedung.

Banyaknya sumber pencemar yang berasal dari luar dan dalam ruangan, dapat menentukan kualitas udara yang bersih atau udara yang tercemar. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan adanya upaya pencegahan diawali dengan pemberitahuan kepada masyarakat tentang tingkat pencemaran udara di dalam ruangan. Kualitas udara dapat dievaluasi dengan

Dewasa ini terdapat berbagai instrumen pengukur konsentrasi karbondioksida dikembangkan salah satunya ialah

menggunakan Metode NDIR. Sensor NDIR (*Non Dispersif Absorbansi Inframerah*) merupakan sensor yang sangat kukuh, stabil serta sangat selektif untuk mengukur gas dan mempunyai waktu yang panjang ketika mengukur gas secara langsung dan saling berhubungan dengan sensor. Sebagai contoh detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100.

Detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100 adalah alat untuk mendeteksi suhu dan konsentrasi karbondioksida di udara yang memiliki ambang batas 4000 ppm karbondioksida dan memiliki suhu tertinggi sekitar 50°C. Detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100 mempunyai banyak kelebihan, selain dapat digunakan di dalam ruangan alat ini harganya juga murah dibandingkan dengan alat ukur yang lain. Disamping itu, detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100 juga mempunyai kelemahan yaitu tidak bisa mengambil data secara *online*, tidak bisa mengakuisisi data atau menyimpan data dengan sendiri dan masih menggunakan baterai.

Kelemahan yang ada pada detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100 dapat diatasi dengan pemasangan kabel serial Jackmono dan kabel serial RS232 yang menghubungkan secara langsung detektor CO₂ meter Voltcraft CM-100 ke komputer untuk pembacaan dan pengambilan data secara *online* dan data dapat disimpan menggunakan program Visual C++6.0. Penggunaan baterai juga dapat diganti dengan pemakaian catu daya 9 V DC, minimum 150 mA. Kemudian akan dianalisa pengaruh dari luar (suhu dan kelembaban) terhadap pengaruh gas karbondioksida. Pengukuran untuk nilai kelembaban dilakukan penambahan menggunakan sensor SHT11.

METODE PENELITIAN

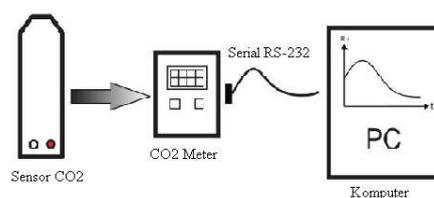
Penelitian ini menggunakan metode ekperimental yang dilakukan dalam tiga tahapan pengerjaan yaitu :

1. Rancangan dan Desain Sistem Monitoring Kualitas Udara

Ada dua tahapan untuk merancang dan mendesain monitoring kualitas Udara yaitu pembuatan rangkaian akuisisi data CO₂ meter dan pembuatan rangkaian sensor SHT11 menggunakan ATmega8535.

A. Pembuatan Rangkaian Akuisisi Data CO₂ Meter

Sistem akuisisi data yang dilakukan yaitu dengan cara menghubungkan alat CO₂ meter Voltcraft CM-100 langsung terintegrasi dengan komputer untuk diolah lebih lanjut. Pada bagian ini dibuat rangkaian yang dapat menghubungkan CO₂ meter dengan komputer yang secara langsung mengakuisisi data dari CO₂ meter secara kontiniu (otomatis). Tampilan antarmuka (*interface*) pada sistem akuisisi data yang dihubungkan pada CO₂ meter dikoneksikan menggunakan kabel serial *interface* RS-232. Penghubung pin untuk RS-232 dengan konverter dilakukan dengan cara melihat penomoran yang ada pada pin RS-232. Adapun skema akuisisi data CO₂ meter dengan menghubungkan RS-232 ke komputer secara keseluruhan dapat diperlihatkan oleh Gambar 1 sebagai berikut ini.



Gambar 1. Skema akuisisi data CO₂ meter ke komputer.

Program Pengambilan Data CO₂ Meter

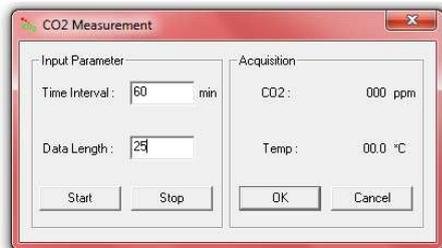
Data dari detektor gas karbondioksida dapat diambil secara digital dengan komunikasi RS-232. Untuk itu diperlukan sebuah rangkaian mikrokontroler yang di dalamnya terdapat fitur RS-232. Pada *datasheet* atau manual alat CO₂ meter diberikan keterangan bagaimana cara mengambil data dari alat tersebut.

Konektor pada alat menggunakan jenis jack 3.5 mm audio mono dimana terdapat *center contact* dan *external contact*. *Center contact* pada alat dihubungkan ke pin nomor 4 pada konektor DB-9 dan *external contact* dihubungkan ke pin nomor 2 pada konektor DB-9.

Panjang data yang dikirimkan oleh alat detektor terdiri dari 16 bit. Bit yang pertama dikirimkan disebut D15 dan bit yang terakhir diberi tanda D0. Sehingga total data yang dikirimkan 16 buah mulai dari D15 sampai D0. Masing - masing bit mempunyai fungsi tersendiri. Ada yang berfungsi sebagai tanda bit pertama (D15) dan ada yang berfungsi sebagai data hasil pengukuran itu sendiri.

Tampilan Pengambilan Data CO₂ Meter

Pengambilan data untuk mengukur konsentrasi gas karbondioksida dan kelembaban udara yang dilakukan secara *online* atau kontiniu pada alat CO₂ meter dan sensor kelembaban SHT11 yang akan ditampilkan ke layar komputer diambil dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak (*software*) visual C++ 6.0.

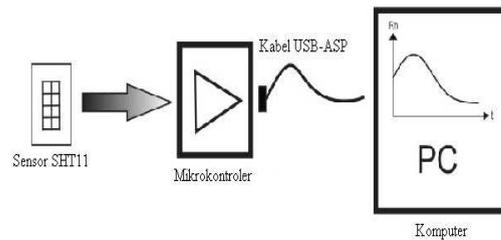


Gambar 2. Pengukuran *online* untuk CO₂ meter

Pengukuran untuk konsentrasi karbondioksida dilakukan selama 24 jam dari pukul 00:00 WIB sampai dengan 23:59 WIB, interval waktu pengambilan data ke data lainnya dilakukan selama 60 menit sehingga jumlah data selama 24 jam adalah 25 data. Sama halnya dengan pengukuran untuk kelembaban udara dilakukan selama 24 jam dengan tampilan pengambilan data yang berbeda.

B. Pembuatan Rangkaian Sensor SHT11 Menggunakan ATmega8535

Pembuatan rangkaian sensor kelembaban SHT11 rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3 dan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak (*software*) visual C++ 6.0.

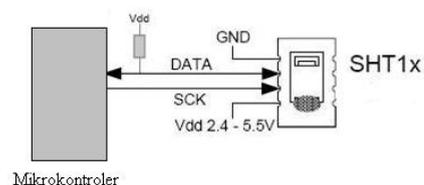


Gambar 3. Rangkaian sensor SHT11 menggunakan ATmega8535

Program pengambilan Data Sensor SHT11

Sensor SHT11 merupakan sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban dengan range -40 sampai 123.8 °C dan 0 sampai 100 % RH. Ada dua pin yang digunakan pada SHT11 untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu pin SCK dan pin DATA.

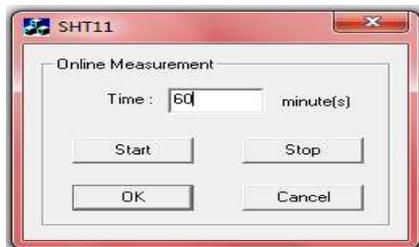
Pengambilan data secara *online* dilakukan dengan cara menghubungkan SHT11 dengan mikrokontroler, untuk SHT11 ke mikrokontroler menggunakan komunikasi *Inter Integrated Circuit* (I²C). Adapun skema pengambilan data SHT11 yang dihubungkan ke mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rangkaian SHT11 ke mikrokontroler

Tampilan Pengambilan Data Sensor SHT11

Tampilan pengambilan data untuk kelembaban dari SHT11 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Pengukuran *online* untuk SHT11

Pada pengukuran kelembaban ini jumlah atau panjang data tidak terbatas, jadi jika pengambilan data dilakukan selama 24 jam maka setelah jumlah data telah mencapai 25 maka data bisa langsung dihentikan dengan menekan tanda STOP pada tampilan pengambilan data.

2. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data untuk menentukan tingkat kepekatan gas karbondioksida dan kelembaban udara menggunakan alat ukur CO₂ meter (Votcraft CM-100) yang telah dibuat pada penelitian ini maka disusun beberapa skenario yang menggabungkan beberapa variabel yang akan diamati yakni skenario pada keadaan asap, keadaan hujan, variasi jumlah penghuni di dalam ruangan serta variasi ventilasi, perlakuan dengan berbagai skenario ini dilakukan pada hari yang berbeda dengan rentang waktu yang sama pada tiap skenarionya. Pengambilan data dilakukan di dalam ruangan yang berdimensi panjang 3 meter, lebar 2,5 meter dan tinggi 3 meter yang dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Sampel ruang pengukuran

Pengukuran karbondioksida dan kelembaban udara ini diambil di kediaman yang berada pada jalan Binawidya, dengan kondisi lingkungan bangunan sebelah barat dan selatan diapit bangunan yang berukuran sama dengan jendela dan pintu mengarah kesebelah timur dan utara, untuk isi ruangan tersebut terdapat tempat tidur, lemari dan rak buku. Penempatan untuk alat ukur diletakkan pada tengah ruangan dengan tinggi sensor 1/2 meter dari lantai. Hal ini dilakukan agar sensor terbaca untuk keseluruhan ruangan secara merata.

A. Kondisi Berasap

Pengukuran ini dilakukan selama tiga hari dan tidak dilakukan secara berturut-turut sehingga pekatnya kabut asap pada saat pengukuran tidak berpengaruh dengan lamanya hari pengukuran. Pengambilan data pada keadaan asap pada bulan Februari 2014 hingga Maret 2014 dilakukan selama tiga hari yaitu pada tanggal 01 Maret 2014, 04 Maret 2014 dan 07 Maret 2014.

B. Kondisi Hujan

Setelah udara di kota Pekanbaru tidak berasap pengukuran untuk menentukan kualitas udara di kota Pekanbaru dilanjutkan dengan pengambilan data pada keadaan hujan, pengambilan data pada keadaan hujan dilakukan pada tanggal 18 Maret 2014 dan pengukuran dilakukan selama 24 jam dengan pengambilan data setiap 60 menit yang dimulai dari pukul

00:00 WIB sampai dengan 23:59 WIB keesokan harinya.

C. Variasi Jumlah Penghuni di Dalam Ruang

Pengambilan data dengan memvariasikan jumlah penghuni di dalam ruangan dilakukan ada hari yang berbeda dengan dengan rentang waktu yang sama, skenario ini ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variasi jumlah penghuni dalam ruangan

No	Skenario Pengukuran	Jumlah Ventilasi	Keterangan
1	Penghuni satu orang	Ventilasi nol	v0
		Ventilasi satu	v1
		Ventilasi dua	v2
2	Penghuni tiga orang	Ventilasi nol	v0
		Ventilasi satu	v1
		Ventilasi dua	v2

D. Variasi Jumlah Ventilasi Dalam Ruang

Pengambilan data untuk variasi ventilasi dalam ruangan dilakukan dengan tiga skenario dengan metode pengambilan data yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Variasi jumlah ventilasi dalam ruangan

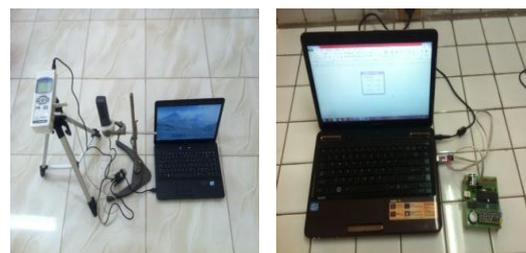
No	Skenario Pengukuran	Keterangan
1	Ventilasi terbuka nol	Satu penghuni
2	Ventilasi terbuka satu	Tiga penghuni
3	Ventilasi terbuka dua	Satu penghuni

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data tentang pengukuran konsentrasi kadar gas karbondioksida dan kelembaban dilakukan dengan empat skenario, hal ini bertujuan memastikan alat yang dibuat memang benar dapat mendeteksi parameter yang diinginkan. Skenario pertama dimana kondisi Riau mengalami kabut asap, skenario kedua pada saat musim hujan, skenario ketiga dengan memvariasikan jumlah penghuni di dalam ruangan dan skenario keempat memvariasi jumlah ventilasi yang ada di dalam ruangan. Hasil pengambilan data kemudian diolah menggunakan *software* pendukung (visual C++ 6.0) dan kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva perbandingan.

Hasil Perakitan Alat

Pengujian pada rangkaian alat dengan menggunakan Voltcraft CM-100 dan sensor SHT11 ditampilkan langsung ke monitor (komputer) sehingga dapat diolah dengan menggunakan *software* pendukung (visual C++ 6.0). Hasil dari perakitan alat ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut :



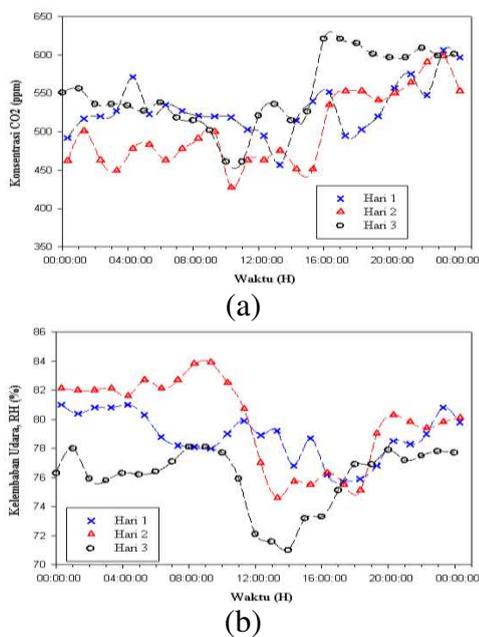
Gambar 7. Susunan alat untuk pengambilan data

Data pengujian diambil dengan memvariasikan berbagai aspek guna memastikan bahwa alat dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hasil data dimodelkan secara matematis dalam bentuk kurva perbandingan konsentrasi karbondioksida dan kelembaban udara terhadap waktu.

1. Pengukuran Data Disetiap Keadaan

A. Pengukuran Keadaan Asap

Pengukuran kondisi asap di kota Pekanbaru dilakukan selama tiga hari. Adapun pengukuran meliputi parameter – parameter yaitu jumlah karbondioksida, kelembaban udara dan suhu di dalam ruangan selama 24 jam, hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 berikut.

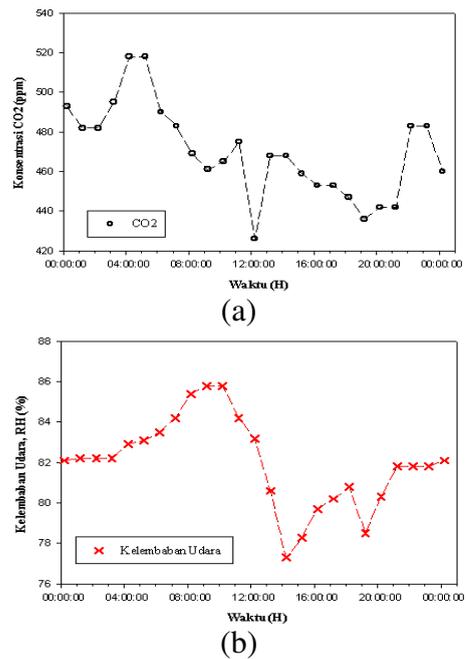


Gambar 8 Grafik perbandingan keadaan asap terhadap waktu untuk parameter (a) jumlah karbondioksida, (b) tingkat kelembaban udara

Pada keadaan asap ini jumlah karbondioksida yang berada di udara sudah melewati ambang batas untuk keadaan udara bersih, dimana ambang batas untuk konsentrasi gas karbondioksida udara bersih adalah 400 ppm (Bihlmayr, 2011). Perubahan nilai gas karbondioksida, kelembaban udara dan suhu yang terdeteksi di dalam ruangan pada keadaan asap untuk jam tertentu disebabkan oleh tingkat kepekatan asap dan kecepatan angin disaat proses pengukuran.

B. Pengukuran Keadaan Hujan

Pengambilan data untuk keadaan hujan dilakukan selama 24 jam. Parameter yang diukur antara lain jumlah karbondioksida, dan nilai kelembaban dengan mengukur nilai rata-rata, nilai maksimum dan nilai minimum dari tiap-tiap parameter. Hasil pengukuran untuk keadaan hujan dapat dilihat pada Gambar 9.

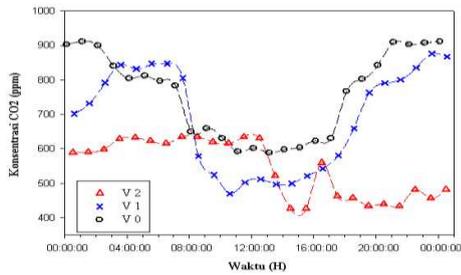


Gambar 9. Grafik perbandingan pada keadaan hujan terhadap waktu untuk parameter (a) Jumlah karbondioksida (b) Tingkat kelembaban udara

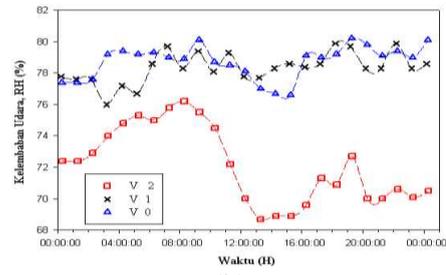
C. Pengukuran Variasi Jumlah Penghuni Dalam Ruangan

(1) Variasi Jumlah Penghuni Satu Orang Dalam Ruangan

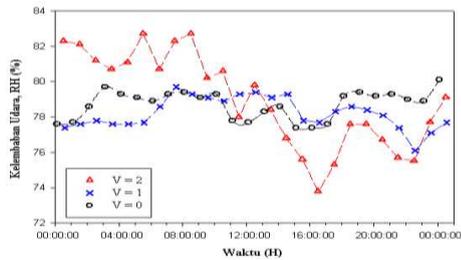
Hasil pengukuran yang menunjukkan perbandingan nilai karbondioksida, dan kelembaban udara terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



(b)

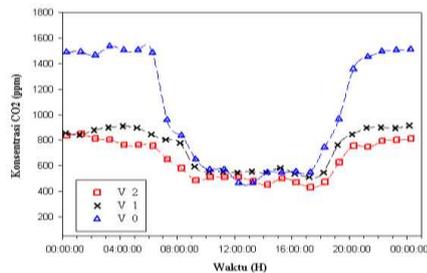


(b)

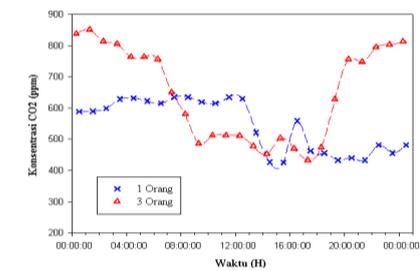
Gambar 10. Grafik perbandingan pada keadaan penghuni satu orang untuk parameter (a) jumlah karbondioksida, (b) tingkat kelembaban udara

(2) Variasi Jumlah Penghuni Tiga Orang di Dalam Ruangan

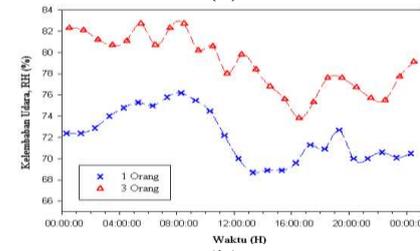
Data hasil pengukuran konsentrasi gas karbondioksida, kelembaban udara dan suhu ruangan terhadap waktu dengan pengambilan data tiga orang penghuni di dalam ruangan menggunakan skenario ventilasi terbuka nol, ventilasi terbuka satu dan ventilasi terbuka dua maka nilai karbondioksida dan tingkat kelembaban udara dapat ditunjukkan pada Gambar 11 berikut ini.



(a)



(a)



(b)

Gambar 11. Grafik perbandingan pada keadaan penghuni tiga orang untuk parameter (a) jumlah karbondioksida, (b) tingkat kelembaban udara

D. Pengukuran Variasi Jumlah Ventilasi di Dalam Ruangan

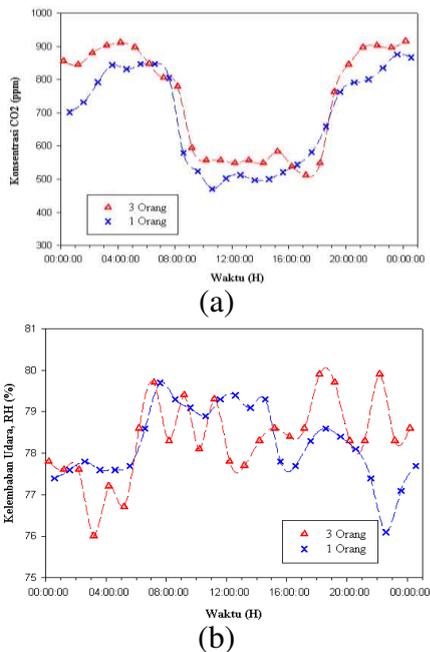
(1) Ventilasi Terbuka Dua

Untuk menentukan konsentrasi karbondioksida, tingkat dan kelembaban udara terhadap waktu dengan ventilasi terbuka dua, maka dilakukan dengan membandingkan jumlah penghuni di dalam ruangan dengan satu orang penghuni dan tiga orang penghuni. Untuk melihat hasil perbandingan penghuni satu orang dan tiga orang saat ventilasi terbuka dua dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 12. Grafik perbandingan pada keadaan ruangan ventilasi terbuka dua untuk parameter (a) jumlah karbondioksida, (b) tingkat kelembaban udara

(2) Ventilasi Terbuka Satu

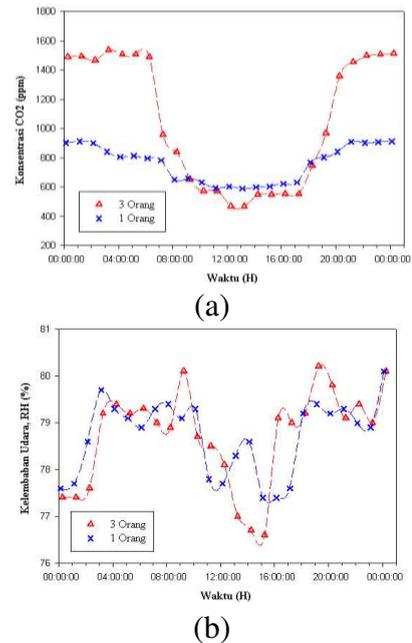
Untuk mengetahui nilai konsentrasi karbondioksida, kelembaban udara dan suhu ruangan terhadap waktu saat ventilasi terbuka satu dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah penghuni yang berada di dalam ruangan yakni penghuni satu orang dan penghuni tiga orang. Nilai perbandingan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik perbandingan pada keadaan ruangan ventilasi terbuka satu untuk parameter (a) jumlah karbondioksida, (b) tingkat kelembaban udara

(2) Ventilasi Terbuka Nol

Pengukuran saat ventilasi terbuka nol yang dilakukan dengan melakukan perbandingan jumlah satu orang penghuni dan tiga orang penghuni di dalam ruangan dengan mengukur konsentrasi karbondioksida dan kelembaban udara terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik perbandingan pada keadaan ruangan ventilasi terbuka nol untuk parameter (a) jumlah karbondioksida (b) tingkat kelembaban udara

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tentang penentuan konsentrasasi kadar gas karbondioksida dan kelembaban dengan beberapa skenario pengambilan data dan dengan berbagai keadaan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pengukuran untuk konsentrasi gas karbondioksida di dalam ruangan diukur dengan menggunakan detektor Voltcraft CM-100 yang telah dimodifikasi secara *online* menggunakan RS-232, sedangkan untuk tingkat kelembaban udara diukur menggunakan sensor suhu SHT11 berbasis mikrokontroler ATmega8535
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk jumlah konsentrasi karbondioksida maka alat ini telah berhasil dirancang, hal ini dapat dilihat dari nilai maksimum pada keadaan asap adalah 621 ppm dengan nilai minimumnya 426 ppm. Dalam keadaan hujan jumlah konsentrasi karbondioksida memiliki nilai

maksimum 518 ppm dan minimum 426 ppm. Sedangkan pada keadaan variasi penghuni dan variasi ventilasi nilai maksimum karbondioksida adalah 1535 ppm dengan nilai minimum 467 ppm. Skenario pengukuran kelembaban dengan sensor SHT11 untuk keadaan asap memiliki nilai kelembaban maksimum 83,9% dengan minimum 71,0%, pada keadaan hujan nilai maksimumnya 85,8% dan minimum 77,3%. Sedangkan untuk variasi penghuni dan variasi ventilasi nilai kelembaban tertinggi kelembabannya adalah 82,7% dengan nilai minimum 68,7%.

3. Jumlah karbondioksida yang diukur tidak berpengaruh terhadap lamanya hari pengukuran atau skenario manapun, karena jumlah karbondioksida yang terdeteksi tidak akan sama setiap harinya dan hal ini disebabkan karena faktor luar ruangan seperti cuaca dan angin serta jumlah konsumsi karbondioksida setiap orang di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bihlyamar, wolfgang. 2011. *Design concept for solar-powared CO₂ sensor*. Enocean.
- Mukono, H.J. 2000. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Rikomahoe, Clarence. 2007. *Hindari Bakteri AC*.
- Pujiastututi L, dkk. 1998. *Kualitas Udara Dalam Ruang*. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.