

## HALAMAN PENGESAHAN

**“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektronik (Industri)”**

Tandatangan :  .....

Nama penyelia : FAUZI BIN ABDUL WAHAB .....

Tarikh : 19/5/2006 .....

**PENGUKURAN KARBON DIOKSIDA MELALUI SERAPAN INFRAMERAH**  
**(*CARBON DIOXIDE MEASUREMENT VIA INFRARED ABSORPTION*)**

**SYAH RIEZAL BIN HASHIM**

Laporan ini dikemukakan adalah sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat untuk penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektronik (elektronik industri).

**Fakulti Kejuruteraan Elektronik dan Kejuruteraan computer**  
**Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

**April 2006**

## PERAKUAN

**“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”**

TANDATANGAN:.....  
NAMA PENULIS:..... SYAH RIEZAL IS. HANIM  
TARIKH : 12 MAY 2006 .....

## **DEDIKASI**

Untuk bapa tersayang atas  
jasa dan pengorbanan mendidik anakmu;  
untuk ahli-ahli keluarga yang tersayang yang  
sentiasa memberikan dorongan dan perhatian;  
rakan-rakan yang sentiasa berkongsi pengetahuan;  
para pensyarah Fakulti Kejuruteraan  
Elektronik dan Kejuruteraan Komputer KUTKM  
diatas segala ilmu dan bimbingan yang  
telah dicurahkan.

## PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Penyelia Projek Sarjana Muda, Encik Fauzi bin Abdul Wahab diatas segala bimbingan dan idea-idea yang bernas serta sokongan yang berterusan dalam memberi tunjuk ajar semasa projek ini dilaksanakan.

Penghargaan terima kasih juga kepada bapa tersayang, abang-abang dan kakak-kakak tersayang diatas dorongan dan doa yang dibekalkan. Dan yang tidak dapat dilupakan kepada semua rakan-rakan seperjuangan yang telah sama-sama bersusah payah dan banyak membantu serta sentiasa memberi pertolongan, sokongan dan perangsang di sepanjang pengajian.

Akhir sekali ribuan penghargaan terima kasih kepada semua yang terlibat dalam menjayakan Projek Sarjana Muda saya ini. Sekian terima kasih.

## ABSTRAK

Cetusan pengukuran karbon dioksida melalui serapan infra merah (*infrared*) adalah berdasarkan fenomena molekul-molekul karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang menyerap radiasi infra merah (*infrared region*). Fenomena ini juga adalah antara faktor-faktor yang menyebabkan mengapa berlakunya pemanasan di muka bumi ini. Terdapat kira-kira 0.04% atau 400ppm(part per milion) karbon dioksida didalam udara yang neutral. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan gas tanpa warna yang, apabila dihidu pada dos yang tinggi (aktiviti merbahaya disebabkan risiko sesak nafas), menghasilkan rasa masam dalam mulut and rasa menyengat di hidung dan tekak. Kesan ini disebabkan oleh gas melarut dalam selaput mukus dan air liur, membentuk larutan cair.

Kehadiran karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berlebihan di dalam udara mungkin akan menyebabkan gejala-gejala yang negatif kepada manusia seperti cepat letih, mudah marah dan berasa tidak selesa. Projek membina alat pengukur kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) didalam udara melalui kaedah penyerapan infra merah (*infrared*) adalah bertujuan mengukur dan mengawasi kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara didalam kawasan-kawasan yang tertutup seperti bilik persidangan, dewan serba guna, bilik mesyuarat, dewan kuliah dan sebagainya. Pengukuran yang digunakan adalah berdasarkan perbandingan infra merah (*infrared*) yang dikesan oleh pengesan/penerima (*receiver*) apabila infra merah (*infrared*) dipancarkan. Semakin banyak kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) didalam udara, maka semakin banyak pancaran infra merah (*infrared*) yang diserap. Oleh kerana itu pengesan akan mengesan pancaran infra merah (*infrared*) yang rendah. Melalui pengesan tersebut ia akan memberikan output yang membolehkan tindakan dibuat untuk meneutralkan udara. Projek ini adalah terdiri daripada gabungan litar-litar elektronik terutamanya seperti litar pemancar infra merah (*infrared transmitter*) dan juga litar pengesan/penerima infra merah (*infrared receiver*).

## ABSTRACT

The idea to make device that measure carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) via infrared absorption is base on phenomena which carbon dioxide molecules absorb infra red region radiation. There are about 0.04% or 400 ppm (part per million) carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) in neutral air. This warming occurs because of the greenhouse gases, while they are transparent to incoming solar radiation, absorb infrared (heat) radiation from the Earth that would otherwise escape from the atmosphere into space; the greenhouse gases then re-radiate some of this heat back towards the surface of the Earth.

The presence of carbon dioxide that over the normal quantity can make bad symptoms to human life, like easily to get angry, feeling uncomfortable and feel tired. The project of carbon dioxide measurement via infrared absorption is actually to make a device that can measured and monitored the quantity of carbon dioxide that presence in a closed or concealed place, like conference room, lecture hall, meeting room and so on.

## SENARAI ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN	i
	HALAMAN TAJUK	ii
	HALAMAN PENGAKUAN	iii
	DEDEKASI	iv
	PENGHARGAAN	v
	ABSTRAK	vi
	ABSTRACT	vii
	SENARAI ISI KANDUNGAN	viii
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI LAMPIRAN	xiii
BAB I	Pengenalan	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Matlamat dan Perspektif Kajian	2
1.3	Objektif	3
1.4	Skop Projek	4
1.5	Ringkasan Bab	5



**BAB II KAJIAN LATAR BELAKANG**

<b>2.1</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>KAJIAN LATARBELAKANG</b>	<b>8</b>
2.2.1	Infra merah ( <i>infrared</i> )	8
2.2.2	Ciri-ciri kimia dan fizikal karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	9
2.2.3	Ujian bagi gas karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	11
<b>2.3</b>	<b>PRINSIP ASAS</b>	<b>12</b>

**BAB III METADOLOGI PROJEK – REKABENTUK LITAR DAN PERKAKASAN**

<b>3.1</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>METHODOLOGI PROJEK</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>REKABENTUK PENGUKUR</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>LITAR PEMANCAR</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>LITAR PENERIMA</b>	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>ICL 8038 SEBAGAI PENGHASIL ISYARAT</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>PENAPIS</b>	<b>29</b>

**BAB IV PEMBANGUNAN PROJEK**

<b>4.1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>CARTA ALIR PEMBANGUNAN PROJEK</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>PEMBUATAN PAPAN PCB</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>PENGHASILAN FREKUANSI</b>	<b>38</b>
<b>4.5</b>	<b>PENDEKATAN ANALISIS</b>	<b>39</b>

<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENEMUAN DAN KEPUTUSAN PROJEK</b>	
<b>5.1</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>UJIAN TERHADAP LITAR</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>ANALISIS</b>	<b>41</b>
	<b>3.3.1 Terbitan umus</b>	<b>46</b>
<b>BAB VI</b>	<b>PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
<b>6.1</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>48</b>
<b>6.2</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>53</b>
<b>6.3</b>	<b>CADANGAN TAMBAHAN</b>	<b>55</b>
<b>6.4</b>	<b>KELEMAHAN</b>	<b>55</b>
<b>RUJUKAN</b>		<b>56</b>
<b>LAMPIRAN A</b>		<b>58</b>
<b>LAMPIRAN B</b>		<b>71</b>
<b>LAMPIRAN C</b>		<b>80</b>
<b>LAMPIRAN D</b>		<b>86</b>

## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Bahagian-bahagian didalam spektrum elektromagnetik.	8
2.2	Sumber infrared terus kepada pengesan.	12
2.3	Carta bar kandungan karbon dioksida CO <sub>2</sub> didalam gas rumah hijau	13
2.4	Fenomena kesan rumah hijau	14
2.3	Sumber inframerah selari dengan pengesan	15
3.2	Lakaran asas pengukur karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ).	20
3.3	(a) dan (b) pengukur karbon dioksida yang telah direalisasikan.	21
3.4	Litar asas pemancar ( <i>transmitter</i> )	22
3.5	Isyarat keluaran pemancar (simulasi)	23
3.6	Pemancar	23
3.7	Litar asas penerima( <i>reciever</i> )	24
3.8	Isyarat keluaran penerima (simulasi)	25
3.9	Penerima.	25
3.10	(a) dan (b) ICL 8038	26
3.11	Litar asas untuk menghasilkan isyarat	27
3.12	Litar penghasil isyarat.	28
3.13	Litar penapis hingar.	29
4.1- 4.6	Proses <i>arching</i>	34
4.8	Bekas 100% CO <sub>2</sub>	39
4.9	Bekas udara + CO <sub>2</sub>	39
5.1	Isyarat tanpa CO <sub>2</sub>	42
5.2	Isyarat keluaran CO <sub>2</sub> 100%	42
5.3	Isyarat keluaranCO <sub>2</sub> + udara	43
5.4	isyarat keluaran pernafasan manusia	44
6.1	Isyarat keluaran sebenar	49
6.2	Isyarat keluaran dijangkakan	49

**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK JADUAL</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Gejala-gejala yang disebabkan oleh bernafas didalam kandungan CO <sub>2</sub> yang berlebihan.	11
5.1	Jenis kandungan CO <sub>2</sub> dan nilai amplitudnya.	46
5.2	Jenis kandungan CO <sub>2</sub> dan peratusannya.	47

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>NO. LAMPIRAN</b>	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>A</b>	<b>Data Sheet ICL 8038</b>	<b>58</b>
<b>B</b>	<b>Data sheet LM741</b>	<b>71</b>
<b>C</b>	<b>Data sheet LM339</b>	<b>80</b>
<b>D</b>	<b>Multisim</b>	<b>86</b>

## BAB I

### PENGENALAN

#### 1.1 PENDAHULUAN

Karbon dioksida merupakan salah satu komponen gas yang terdapat dipermukaan atmosfera bumi. Kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terdapat didalam persekitaran udara yang neutral adalah sebanyak 0.04% atau 400ppm. Kehadiran karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berlebihan di dalam udara mungkin akan menyebabkan gejala-gejala yang negatif kepada manusia seperti cepat letih, mudah marah dan berasa tidak selesa. Projek membina alat pengukur kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) didalam udara melalui kaedah penyerapan inframerah (*infrared*) adalah bertujuan mengukur dan mengawasi kandungan karbon dioksida di udara didalam kawasan-kawasan yang tertutup seperti bilik persidangan, dewan serba guna, bilik musyuarat, dewan kuliah dan sebagainya.

## 1.2 MATLAMAT DAN PERSPEKTIF KAJIAN

Salah satu matlamat projek Sarjana Muda (PSM) ini diadakan adalah untuk mempertingkatkan pengetahuan dan pengetahuan pelajar dalam proses pengaplikasian sesuatu ilmu, percambahan pemikiran yang kritis serta mempunyai penyelesaian terhadap masalah yang dihadapi dengan berfikir secara kreatif dan bijaksana bagi menyampaikan sesuatu maklumat dengan lebih tepat dan berkualiti. Dengan pelaksanaan Projek Sarjana Muda (PSM) ini juga telah menyediakan satu peluang kepada pelajar untuk memahami dan mengaplikasikan proses penyelidikan serta mencungkil kebolehan seseorang untuk menjalankan penyelidikan secara persendirian. Apabila matlamat sebenar ini dicapai, maka ia dapat melahirkan insan yang berketerampilan, beriltizam dan berwawasan.

Oleh yang demikian projek yang bertajuk pengukuran Karbon Dioksida Melalui Serapan inframerah ( Carbon Dioxide Measurement Via Infrared Absorption ) ini telah difikirkan bersesuaian dengan memenuhi syarat Projek Sarjana Muda (PSM) tahun akhir di KUTKM untuk penganugerahan Ijazah Sarjana Muda. Ia merupakan salah satu latihan ilmiah yang diberikan kepada pelajar untuk mempraktikkan pengetahuan dan kemahiran dalam kajian yang berkaitan dengan bidang pengajian di fakulti disamping untuk mengkaji dan menghasilkan sesuatu untuk manfaat manusia sejangat.

Dengan terhasilnya projek ini, maka ia dapat memperkembangkan lagi aplikasi infrared dalam kehidupan seharian. Namun demikian, projek yang dilaksanakan ini masih lagi didalam analisis. Oleh yang demikian ia memerlukan penambahbaikan agar lebih sesuai diaplikasikan dengan persekitaran.

### 1.3 OBJEKTIF

Dalam memastikan kejayaan dalam melaksanakan projek ini beberapa objektif telah digariskan. Antara objektif projek ini dilaksanakan adalah bertujuan:

- Mengkaji dan mempelajari sifat-sifat infra merah (*infrared*).
- Membina serta mengkaji litar pemancar infra merah (*infrared*) dan litar penerima infra merah (*infrared*) yang bersesuaian.
- Mempelajari fungsi litar pemancar infra merah (*infrared transmitter*) dan litar penerima inframerah (*infrared receiver*).
- Mengaplikasikan teori serapan karbon dioksida CO<sub>2</sub> terhadap inframerah (*infrared*).
- Membuat analisa terhadap inframerah (*infrared*) dan membuat perbandingan kadar serapannya terhadap karbon dioksida CO<sub>2</sub>.



## 1.4 SKOP PROJEK

Skop projek ini hanya melibatkan pengukuran gas karbon dioksida, walaupun mungkin ia mampu untuk mengesan kehadiran gas-gas lain. Projek ini adalah bermula daripada pencarian maklumat-maklumat dan pencarian bahan-bahan rujukan sama ada bercetak ataupun elektronik. Disamping itu juga maklumat-maklumat dan nasihat-nasihat daripada penyelia projek juga amat berguna bagi melicinkan perjalanan projek ini. Kemudian lakaran projek dibuat berdasarkan maklumat-maklumat yang diperolehi. Seterusnya litar-itar seperti pemancar inframerah (*infrared*) dan penerima inframerah (*infrared*) akan direkabentuk. Setelah siap rekaan, litar-itar tersebut akan diuji dengan simulasi seperti multisim dan kemudian diuji secara manual diatas papan projek. Selepas terbukti ia mampu berfungsi barulah ia akan dipasang diatas PCB. Kemudian ia akan disusun berdasarkan kepada blok-blok kegunaannya. Akhir sekali setelah siap dipasang, dengan menggunakan osiloskop analisis akan dilakukan dan perbandingan kadar serapan infrared (*infrared*) terhadap karbon dioksida akan dibuat dengan melihat kepada perubahan pada amplitud voltan.

## 1.5 RINGKASAN BAB

Dalam sub topik ini menerangkan mengenai ringkasan keseluruhan bagi setiap bab iaitu dari BAB I hingga BAB VI. Untuk BAB I ia akan menerangkan mengenai gambaran ringkas berkenaan dengan projek yang dijalankan. Ia akan menerangkan mengenai latarbelakang masalah tentang kajian-kajian yang pernah dijalankan. Kemudian diikuti pula dengan matlamat sebagai definisi kepada tujuan projek kajian dilaksanakan. Selain itu terdapat juga ringkasan mengenai pelaksanaan projek seperti kaedah yang digunakan.

Dalam BAB II pula membincangkan mengenai kajian latar belakang dan konsep yang digunakan. Ia lebih tertumpu kepada penerangan mengenai elemen yang digunakan didalam projek ini iaitu infrared (*infrared*). Didalam bab ini juga ia menerangkan mengenai ciri-ciri kimia dan sifat-sifat karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Bab III pula menerangkan tentang pembahagian projek ini kepada beberapa bahagian kecil didalam projek. Ia akan menerangkan dengan mendalam tentang elemen-elemen yang digunakan sewaktu membina perkakasan secara konsep dan juga teori. Penerangan telah disertakan dengan rajah-rajah bagi membantu pemahaman.

BAB IV akan membincangkan tentang pelaksanaan yang dilakukan didalam menjayakan projek ini. Disamping itu juga ia juga akan membincangkan tentang pendekatan-pendekatan yang digunakan semasa menjayakan projek ini.

BAB V pula akan menerangkan mengenai keputusan dan hasil penemuan projek yang dilaksanakan. Hasil penemuan projek dipersembahkan dari segi analisis data-data yang diperolehi melalui beberapa siri ujian.

Akhir sekali iaitu BAB VI, yang menerangkan mengenai kesimpulan keseluruhan projek yang merangkumi hasil penemuan projek, analisis pencapaian dan kesimpulan mengenai implementasi kajian yang telah digunakan. Selain itu cadangan yang terbaik terhadap projek yang dijalankan turut disertakan bagi mencadangkan kajian lanjutan untuk masa akan datang.

## BAB II

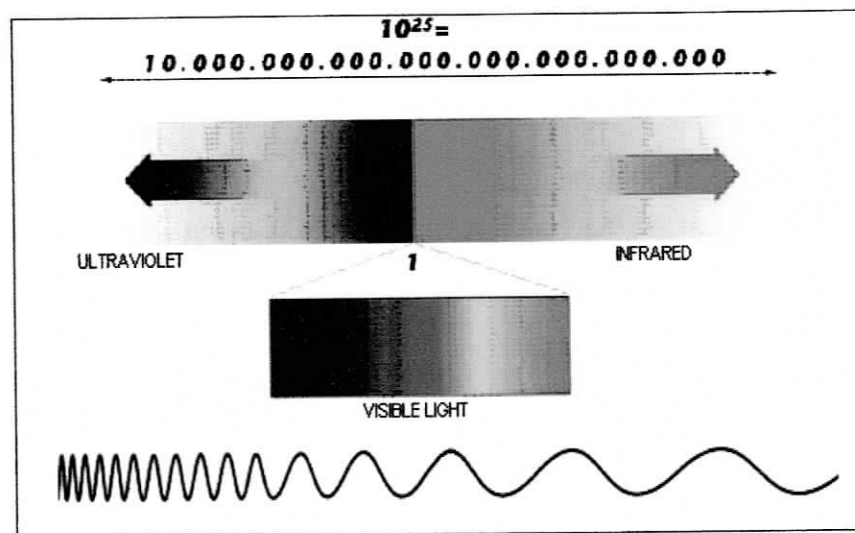
### KAJIAN LATAR BELAKANG

#### 2.1 PENGENALAN

Bab ini membincangkan tentang teori dan konsep dalam menyelesaikan masalah projek. Ia memaparkan tentang teori-teori yang berkaitan yang menjadi panduan dalam menjalankan kajian dan analisis. Disamping itu, ia turut membantu dalam mengetahui hubung kait diantara projek yang dilaksanakan dengan teori yang berkaitan. Projek pengukuran karbon dioksida melalui serapan inframerah (*infrared*) merupakan gabungan diantara binaan rekabentuk dan analisis. Oleh yang demikian projek ini mempunyai beberapa bahagian yang utama untuk memperlengkapkan peringkat-peringkat pelaksanaan.

## 2.2 KAJIAN LATARBELAKANG

### 2.2.1 Infra merah ( *infrared* )



**Rajah 2.1** bahagian-bahagian didalam spektrum elektromagnetik

( Sumber: Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison )

Infra merah (*Infrared*) adalah merupakan radiasi elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang mikro. Bahagian infra merah (*infrared*) adalah amat berguna untuk analisis kandungan organik. Infrared (*infrared*) mempunyai julat panjang gelombang diantara 2500 hingga 16000 nano meter dengan julat frekuensi diantara  $1.9 \times 10^{13}$  hingga  $1.2 \times 10^{14}$ . Gabungan tenaga photon infra merah (*infrared*) adalah tidak cukup besar untuk menguja electron. Walaubagaimanapun ia mampu untuk menguja dan memecahkan ikatan kovalen kumpulan dan atom.

Infra merah (*Infrared*) adalah gelombang cahaya yang tidak boleh dilihat oleh mata kasar manusia. Namun demikian kehadiran sinaran infrared boleh dirasakan. Haba yang dirasakan oleh kulit apabila kita dibawah terik matahari adalah merupakan kesan daripada radiasi infrared yang datang daripada matahari. Infra merah (*Infrared*) boleh dihasilkan melalui penggunaan LED ( *light emitting diode* ) atau pun dengan menggunakan laser.

### 2.2.2 Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

#### **Ciri-ciri kimia dan fizikal karbon dioksida.**

Karbon dioksida merupakan gas tanpa warna yang, apabila dihidu pada dos yang tinggi (aktiviti merbahaya disebabkan risiko sesak nafas), menghasilkan rasa masam dalam mulut and rasa menyengat di hidung dan tekak. Kesan ini disebabkan oleh gas melarut dalam selaput mukus dan air liur, membentuk larutan cair asid karbonik. Kepadatannya pada 25 °C adalah 1.98 kg m, sekitar 1.5 kali ganda udara. Molekul karbon dioksida (O=C=O) terdiri daripada dua ikatan berkembar dan mempunyai bentuk linear (lurus). Ia tidak mempunyai dipolar elektrik. Apabila teroksida sepenuhnya, ia tidak aktif dan tidak mudah terbakar.

Pada suhu bawah dan negatif;  $78^{\circ}\text{C}$ , karbon dioksida  $\text{CO}_2$  terpelowap menjadi ketulan putih dikenali sebagai ais kering (solid  $\text{CO}_2$ ). Karbon dioksida cair hanya terbentuk pada tekanan melebihi 5.1 atm; pada tekanan biasa, ia bertukar antara bentuk gas dan pepejal secara langsung melalui proses yang dikenali sebagai *sublimation*. Air akan meresap karbon dioksida sama banyak dengan isipadunya, dan lebih banyak lagi apabila dibawah tekanan. Sekitar 1% daripada karbon dioksida terlarut bertukar menjadi asid karbonik. Asid karbonik seterusnya berpisah sebahagiannya untuk membentuk bikarbonat dan ion karbonat. (Sumber [3]  $\text{CO}_2$  Conversion and Utilization. By Chunshan Song, Anne M. Gaffney, Kaoru Fujimoto)

Nilai rujukan bagi kepekatan karbon dioksida

- Pernafasan manusia ~40,000ppm
- Had kepekatan  $\text{CO}_2$  ditempat kerja 5,000ppm
- Aras  $\text{CO}_2$  didalam kawasan yang tertutup 1,000ppm
- Keletihan dan hilang penumpuan >1,000ppm
- segar, udara persekitaran 400ppm

(sumber [2] Environmental Science, The Natural Environment And Human Impact. By Andrew R.W. Jackson, Julie M. Jackson.)

### 2.2.3 Ujian bagi gas (CO<sub>2</sub>)

Apabila lidi menyala dimasukkan kedalam tabung uji mengandungi gas karbon dioksida, ia padam serta merta, kerana karbon dioksida tidak membantu pembakaran. Untuk ujian lanjut, karbon dioksida boleh dialirkan melalui larutan kalsium hidroksida. Larutan kalsium hidroksida bertukar menjadi keruh disebabkan pembentukan kalsium karbonat.

Gejala-gejala yang disebabkan oleh bernafas didalam kandungan CO<sub>2</sub> yang berlebihan. Nilai data adalah untuk orang dewasa dengan kesihatan yang baik (sumber SAE Subcommittee Safety of Refrigerant Systems J. Amin<sup>1</sup>, B. Dienhart<sup>1</sup>, J. Wertenbach<sup>2</sup> )

Kepekatan	Gejala-gejala
<b>2%</b>	peningkatan kadar pernafasan kepada 50%
<b>3%</b>	peningkatan kadar pernafasan 100%
<b>5%</b>	peningkatan kadar pernafasan 300%
<b>8%</b>	pendedahan dalam masa yang singkat, berasa tidak selesa, hilang penumpuan
<b>8-10%</b>	sakit kepala dan pening selepas 5-10 minit. Pengan, tekanan darah meningkat, peningkatan kadar denyutan nadi, berasa tidak selesa, loya dan mual.
<b>10-18%</b>	selepas beberapa minit, menyebabkan kekejangan, hilang kesedaran,
<b>18-20%</b>	timbul gejala-gejala yang menyebabkan stroke.

Jadual 2.1 Gejala-gejala yang disebabkan oleh bernafas didalam kandungan CO<sub>2</sub> yang berlebihan.