

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Udara merupakan komposisi campuran dari berbagai jenis gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Udara yang ada di alam tidak ada yang bebas tanpa polutan sama sekali. Polutan yang di maksud antara lain seperti gas sulfur dioksida vulkanik, hidrogen sulfida, dan karbon monoksida selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan, dan sebagainya (Fardiaz,1992).

Pencemaran udara adalah masuknya polutan gas dalam udara yang di sebabkan baik oleh manusia secara langsung maupun tidak langsung akibat proses alam yang kemudian menyebabkan kualitas udara turun hingga tingkatan tertentu menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak lagi berfungsi baik sesuai dengan peruntukannya (Chandra, 2006).

2.2 Sumber Pencemaran Udara

Dalam peraturan mengenai pengelolaan udara yaitu Peraturan Pemerintah No. 41/1999 mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41/1999 sumber pencemar dapat digolongkan atas lima kelompok, yaitu:

1. Sumber bergerak: sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor.
2. Sumber bergerak spesifik: serupa dengan sumber bergerak namun berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya.
3. Sumber tidak bergerak: sumber emisi yang tetap pada suatu tempat.
4. Sumber tidak bergerak spesifik: serupa dengan sumber tidak bergerak namun berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah.

5. Sumber gangguan: sumber pencemar yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya. Sumber ini terdiri dari kebisingan, getaran, kebauan dan gangguan lain.

Dari sumber-sumber pencemaran tersebut kontribusi pencemaran paling besar terhadap bumi adalah berasal dari sumber emisi yang bergerak yaitu kegiatan transportasi karena setiap liter bahan bakar yang di bakar akan menghasilkan 100 gram Karbon Monoksida (CO); 30 gram Nitrogen Oksida(NO_x); 2.5 Kg Karbon Dioksida (CO^2), Sulfur Oksida (SO^2) dan berbagai senyawa lainnya (Hickman, 1999).

2.3 Kandungan dan Dampak Emisi Gas Buang Pada Manusia

Kandungan emisi gas buang pada kendaraan bermotor menghasilkan polutan-polutan sebagai berikut NO_x , SO_2 , CO_2 , CO, timbal, dan Lainnya. Emisi gas buang tersebut memiliki dampak buruk bagi manusia masing-masing di antaranya adalah:

- Nitrogen Oksida (NO_x) : Nitrogen Oksida seperti NO dan NO_2 berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO_2 empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Diudara lingkungan yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO_2 yang bersifat racun. Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipaparkan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistem syaraf dan kekejangan. Penelitian lain menunjukkan bahwa tikus yang dipaparkan NO sampai 2500 *parts per milion* (ppm) akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4–6 menit. Tetapi jika pemaparan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit, pengaruhnya tidak dapat dihilangkan kembali, dan semua tikus yang diuji akan mati. NO_2 bersifat racun terutama terhadap paru. Kadar NO_2 yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (*edema pulmonari*).

Kadar NO₂ sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO₂ dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernapas (Darmono, 2006).

- Sulfur Dioksida (SO₂) : Akibat utama polutan SO₂ terhadap manusia adalah terjadinya iritasi pada sistem pernafasan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa iritasi pada tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO₂ sebesar 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2 ppm. SO₂ dianggap polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap manusia usia lanjut dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan dan kardiovaskular. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif jika kontak dengan SO₂ walaupun dengan konsentrasi yang relatif rendah, misalnya 0,2 ppm atau lebih (Kristanto,P., 2002).

Table 2.1 Pengaruh SO₂ Terhadap Manusia

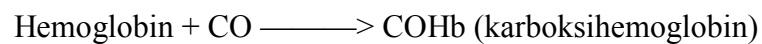
Konsentrasi SO ₂ (ppm)	Pengaruh
3-5	Jumlah minimum yang dapat dideteksi dari baunya
8-12	Jumlah minimum yang segera mengakibatkan iritasi pada tenggorokan
20	Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata Jumlah yang segera mengakibatkan batuk Jumlah maksimum yang diperkenankan untuk kontak dalam

Sumber : Philip Kristanto, Ekologi Industri, (2002)

- Karbon Dioksida (CO₂) : Karbon dioksida ditimbulkan dari pembakaran bahan bakar dengan oksigen dalam jumlah yang cukup. Keberadaan karbon dioksida atau CO₂ yang berlebihan di udara

memang tidak berakibat langsung untuk manusia, sebagaimana gas karbon monoksida atau CO yang berbahaya buat kesehatan manusia. Biasanya dampak yang dirasakan manusia adalah sesak nafas.

- Karbon monoksida (CO) : Gas karbon monoksida muncul akibat pembakaran yang tidak sempurna dari pembakaran motor bakar, gas ini bersifat tidak berwarna, tidak berbau, beracun dan mudah terbakar. Dampak paling tercepat dan sering di alami oleh manusia dari gas karbon monoksida ini adalah keracunan gas CO ini yang biasa di sebut *carbon monoxide poisoning*, dimana di awal keracunan CO tubuh manusia mengalami rasa tidak enak pada mata, telinga berdengung, mual, muntah, detak jantung meningkat, rasa tertekan di dada, kesukaran bernapas, kelemahan otot-otot, tidak sadar dan bisa meninggal. Selain itu CO dapat mengakibatkan keracunan, gangguan pernafasan dan gangguan fungsi jantung. Jika CO terhirup pada tubuh manusia lewat paru-paru maka akan menghasilkan reaksi pada darah yang menghalangi masuknya oksigen yang di butuhkan tubuh, yang di sebabkan gas CO bereaksi dengan *hemoglobin* (Hb) pada darah.



Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Jumlah kadar CO sangat mempengaruhi seberapa cepat pengaruh dampak pada manusia, namun pada kehidupan sehari-hari pemaparan itu sulit di ukur secara langsung tanpa alat bantu sehingga membuat manusia tidak menyadari dan mengetahui bahaya yang ada terhadap dirinya. Namun penelitian telah mengukur perbandingan jumlah pemaparan kadar CO terhadap tubuh manusia berdasarkan waktu dampaknya.

Dampak akut yang dapat di munculkan oleh CO terhadap tubuh manusia dalam kondisi pemaparan udara lingkungan dalam satuan ppm. (Goldstein M., 2008).

Table 2.2 Pengaruh Konsentrasi CO Terhadap Manusia

Konsentrasi CO	Gejala
35 ppm	Sakit kepala dan pusing dengan pemaparan 6~8 jam
100 ppm	Sedikit sakit kepala pemaparan 2~3 jam
200 ppm	Sakit kepala dan kehilangan keseimbangan dalam 2~3jam
400 ppm	Sakit kepala depan yang luar biasa selama 1~2jam
800 ppm	Pusing, mual, dan kejang dalam 45 menit; Pingsan dalam 2jam
1,600 ppm	Sakit kepala, detak jantung meningkat, pusing, dan mual dalam waktu 20 min; kematian kurang dari 2 jam
3,200 ppm	Sakit kepala, pusing dan mual dalam 5~10 menit. Kematian dalam waktu 30 menit
6,400 ppm	Sakit kepala, pusing mual dalam waktu 1~2 menit. Kejang dan kematian kurang dari 20 menit
12,800 ppm	Pingsan dalam 2~3 hirup. Kematian kurang dari 3 menit

Sumber : Goldstein M ,Carbon Monoxide Poisoning, 2008.

Sumber penyumbang gas CO berdasarkan jumlah konsentrasinya di lingkungan secara umum dapat terbagi menjadi beberapa bagian umum.

Table 2.3 Rata-rata Kadar CO Berdasarkan Sumbernya

Konsentrasi CO	Sumber
0.1 ppm	Tingkatan level alami pada <i>atmosphere</i>
0.5~5 ppm	Rata-rata pada lingkungan dalam rumah
5~15 ppm	Kompor gas rumah
100~200 ppm	Gas buang knalpot di lokasi padat lalu lintas kota besar
5,000 ppm	Pembakaran kayu bakar di rumah
7,000 ppm	Kebocoran <i>catalytic converter</i>
30,000 ppm	Ledakan kebocoran tambang batu bara

Sumber : Goldstein M ,Carbon Monoxide Poisoning, 2008.

- Timbal (Pb) dapat mengakibatkan penurunan tingkat kecerdasan dan perkembangan mental anak, mengakibatkan tekanan darah tinggi, fungsi reproduksi laki laki dan terganggunya fungsi ginjal (Tambunan , 2006).

Namun dari dampak-dampak yang dimiliki kandungan gas buang di atas, gas buang CO lah yang paling berpengaruh cepat pada tubuh manusia dan memiliki dampak sangat buruk dalam jangka waktu singkat, sehingga gas CO lah yang perlu di tangani secara cepat jika terjadi kebocoran

2.4 *Carbon Monoxide Poisoning*

Keracunan karbon monoksida atau yang di kenal *Carbon Monoxide Poisoning*, adalah keracunan gas CO yang bereaksi terhadap hemoglobin pada darah saat terhirup kedalam tubuh manusia membuat kadar oksigen menjadi berkurang bagi tubuh manusia. Penyebab keracunan CO memiliki berbagai macam sumber, Namun sumber yang paling umum berupa residu pembakaran mesin. Banyak pembakaran yang menggunakan bahan bakar seperti alat pemanas dengan menggunakan minyak tanah, gas, kayu dan arang yaitu kompor, pemanas air, alat pembuangan hasil pembakaran dan lain-lain yang dapat menghasilkan karbon monoksida. Pembuangan asap mobil atau juga di kenal sebagai emisi gas buang mengandung 9% karbon monoksida. Pada daerah yang macet tingkat bahayanya cukup tinggi terhadap kasus keracunan. Asap rokok juga mengandung gas CO, pada orang dewasa yang tidak merokok biasanya terbentuk karboksi haemoglobin tidak lebih dari 1 % tetapi pada perokok berat biasanya lebih tinggi yaitu 5 – 10 %. Pada wanita hamil yang merokok, kemungkinan dapat membahayakan janinnya. Karbon monoksida (CO) adalah gas tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak mengiritasi, mudah terbakar dan sangat beracun. Karbon monoksida tidak mengiritasi tetapi sangat berbahaya (beracun) maka gas CO dijuluki sebagai “*silent killer*” (pembunuh diam-diam).

2.5 Kebocoran *Exhaust Gas* ke Kabin Kendaraan

Kebocoran gas CO yang berasal dari emisi gas buang telah kerap terjadi sejak terciptanya kendaraan mobil dengan motor bakar mulai di gunakan. Tingginya emisi gas buang makin menjadi masalah utama kendaraan motor bakar dalam hal efisiensi dan keamanan, keamanan yang di maksud adalah bahayanya terjadi keracunan karbon monoksida adalah masuknya gas tersebut dan terperangkap dalam kabin kendaraan yang tertutup sehingga dapat menyebabkan kematian pada pengendara dan penumpang dalam kabin kendaraan karena tidak adanya sirkulasi udara dari dalam kabin keluar lingkungan.

Menurut hasil survey dan penelitian korban *carbon monoxide poisoning* yang dilakukan Iowa State University dengan pihak kepolisian terdapat 7 beberapa penyebab umum terjadinya keracunan CO pada kendaraan roda empat (Thomas, 1997), yaitu:

1. Mengoperasikan mobil dengan kondisi sistem pembuangan gas yang bocor.
2. Mengoperasikan mobil yang memiliki mesin dalam kondisi tidak terawat dan pembakaran tidak sempurna sehingga memiliki emisi gas buang dengan kadar yang tinggi.
3. Mengoperasikan mobil dengan membiarkan pintu bagasi belakang terbuka.
4. Body mobil yang tidak terawat dan memiliki lubang-lubang tidak terlihat.
5. Memanaskan / menjalankan mesin mobil di dalam garasi dan tempat tertutup lainnya seperti *carwash*.

Dari beberapa penyebab keracunan CO diatas dapat terlihat bahwa kondisi-kondisi diatas memiliki kesamaan kondisi terperangkapnya emisi gas buang dalam kabin kendaraan dan tidak memiliki sirkulasi kadar yang baik.

2.6 Pencegahan *Carbon Monoxide Poisoning* di Mobil

2.6.1 Teknologi

Catalytic converters atau juga di sebut katalik konverter adalah komponen yang mengubah bahan kimia beracun pada gas buang dari mesin pembakaran internal menjadi zat berbahaya lebih sedikit. Di dalam catalytic converter, sebuah reaksi kimia yang beracun, produk sisa dari pembakaran dikonversi menjadi zat yang kurang beracun dengan cara katalis reaksi kimia.

Reaksi yang terjadi dalam katalik konverter adalah proses reduksi dan oksidasi, dimana ada logam yang berfungsi sebagai oksidator dan reduktor, komponen inilah yang sangat berpengaruh besar dalam penanganan keracunan CO pada kendaraan, karena CO dari hasil pembakaran tidak sempurna pada emisi gas buang di oksidasi menjadi CO₂, sehingga memperkecil kadar CO yang keluar pada ujung *exhaust* mobil dan di lepaskan ke udara bebas dalam bentuk CO₂.

2.6.2 Tips Pencegahan

Banyak tips umum yang di beritakan pada media sosial terhadap pencegahan keracunan karbon monoksida di kendaraan, tips-tips umum tersebut antara lain (Centers for Disease Control and Prevention (n.d.)) adalah:

1. Selalu memperhatikan dengan baik jika ada kebocoran saluran gas pembuangan pada kendaraan seperti adanya korosi, benturan, dan lubang. Kebocoran harus segera di perbaiki.
2. Jangan memanaskan mobil dalam garasi yang tertutup maupun terbuka, namun jika memanaskan kendaraan di ruang terbuka tidak memungkinkan, setidaknya buka sebesar mungkin pintu garasi dan arahkan knalpot kearah luar pintu.
3. Selalu periksa ujung knalpot tidak tersumbat apapun.
4. Lakukan perawatan berkala terhadap kendaraan agar mengurangi emisi gas buang.

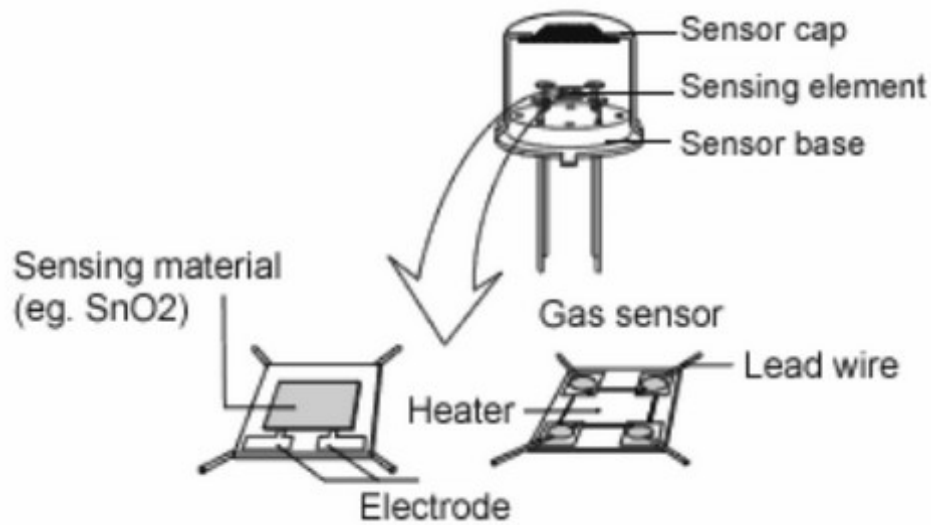
2.7 Sensor Pendeteksian Gas *Carbon Monoxide*

Berdasarkan prinsip kerjanya yaitu semi konduktor, infrared, oksidasi, dan lain-lain, sensor pendeteksi gas tersebut antara lain sebagai contoh adalah MQ-7, NDIR, & CO-B4.

2.7.1 Sensor *Semi Conductor* (MQ-7)

MQ-7 adalah sensor gas jenis semikonduktor merupakan sensor gas yang dapat digunakan secara luas dalam aplikasi untuk mendeteksi gas beracun atau yang mudah meledak. Bahan semikonduktor ini memiliki lapisan yang sensitif, terdiri dari lapisan logam oksida polikristalin.

Sensor gas terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor terdiri dari bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen.



Gambar 2.1 Struktur Dasar Sensor Semi Konduktor

Sumber : http://www.tashika.co.jp/products/environmental/gas_sensors/operating_principle.html

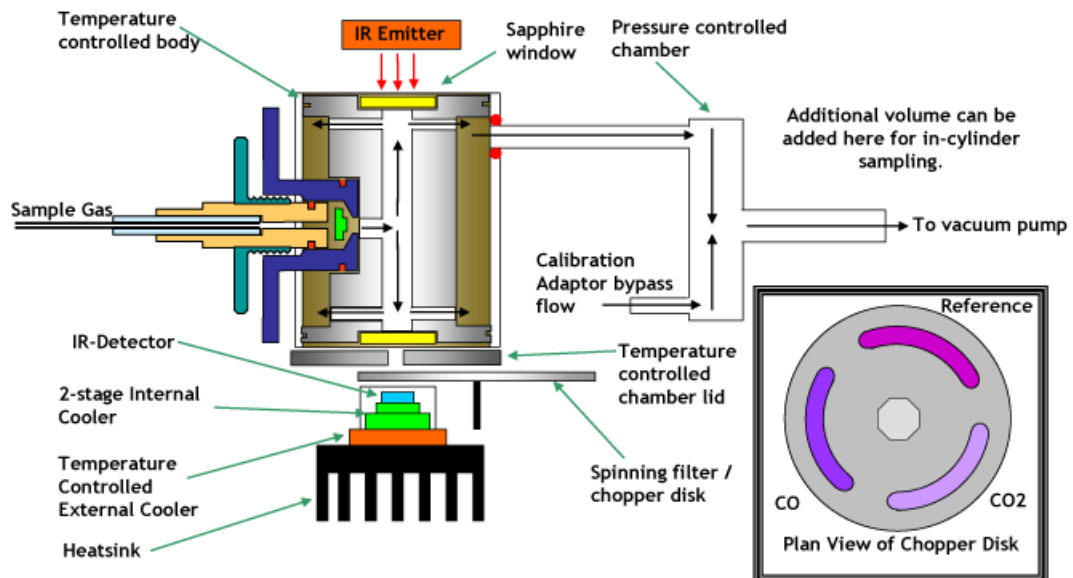


Gambar 2.2 Sensor Gas MQ-7

Sumber : <https://www.sparkfun.com/products/9403>

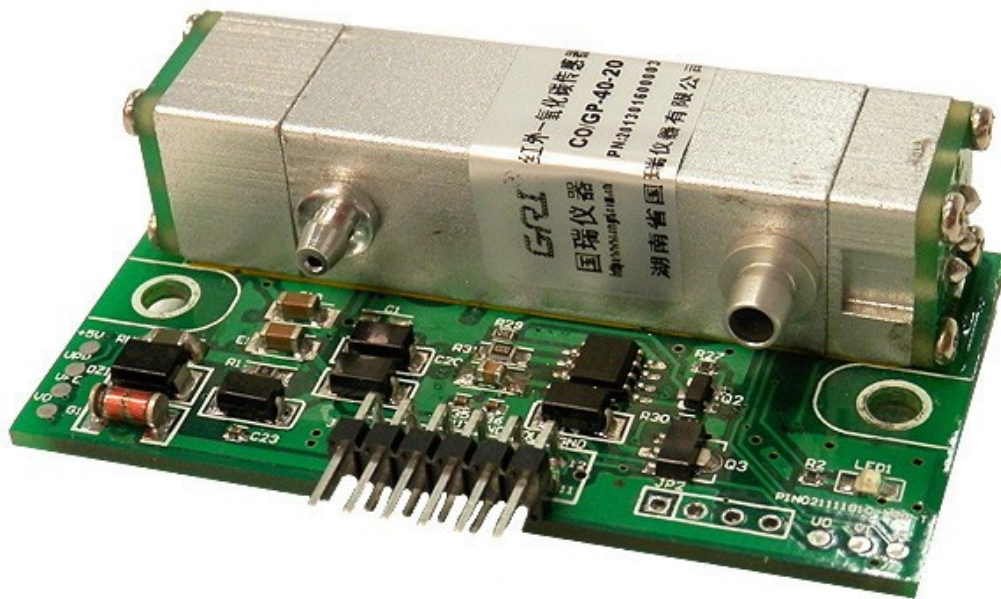
2.7.2 Sensor *Non-Dispersive Infrared (NDIR)*

Sensor jenis ini mengukur kandungan gas berdasarkan perbedaan intensitas cahaya yang di tembus oleh cahaya inframerah pada udara yang memiliki kandungan gas tertentu. Intensitas udara referensi dengan aktual akan di ukur perbedaan intensitas cahaya yang di tembus oleh cahaya inframerah ke detector cahaya.



Gambar 2.3 Struktur komponen NDIR

Sumber : <http://www.cambustion.com/products/ndir500/operating-principle>

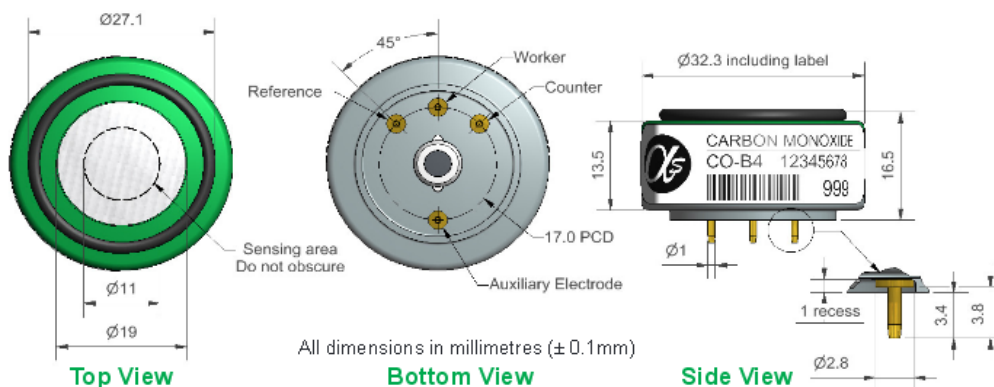


Gambar 2.4 Tampilan *Non-Dispersive Infrared*(NDIR)

Sumber : <http://www.co2meter.com/products/ndir-carbon-monoxide-sensor>

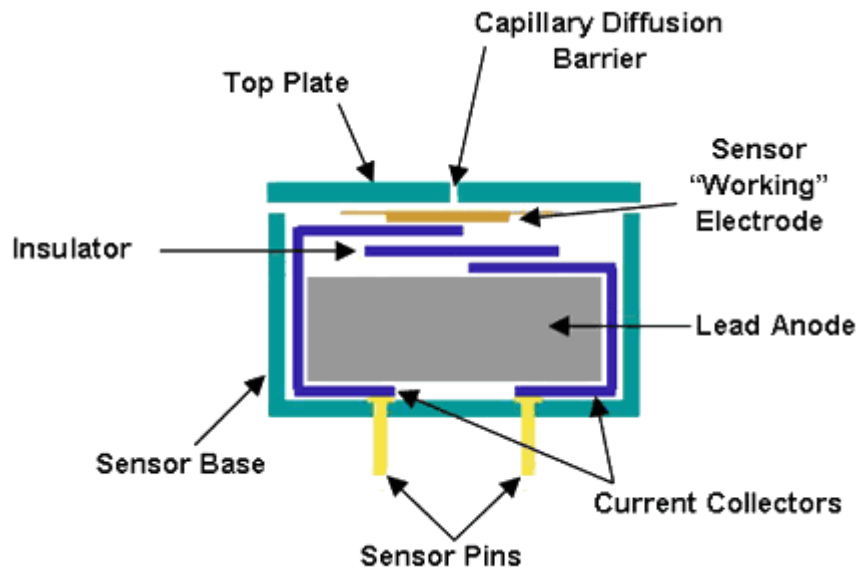
2.7.3 Sensor *Electrochemical* (CO-B4)

Sensor jenis ini adalah perkembangan baru dari sensor jenis semi konduktor, dimana pada jenis ini sensor dapat mendeteksi tingkat ketelitian kandungan gas di udara lebih baik dan cepat dibandingkan semi konduktor. Prinsip kerja pada sensor ini adalah menggunakan sifat oksidasi dari lempengan logam anoda dan katoda dalam komponennya yang di pengaruhi oleh kandungan gas yang melewati celah antar lempengan logam tersebut.



Gambar 2.5 *Sensor Electrochemical* CO-B4

Sumber : <http://pdf.directindustry.com/pdf/alphasense/co-b4/16860-592359.html>



Gambar 2.6 *Electrochemical Sensor*

Pemilihan kebutuhan sensor dalam perancangan desain pencegahan keracunan karbon monoksida ini di dasari atas berbagai aspek sebagai berikut :

- ◆ Dapat mendeteksi kadar CO terendah dari batas aman tubuh manusia terhadap keracunan CO.
- ◆ Kemudahan pengaplikasian dan pengaturan komponen.
- ◆ Kemudahan mendapatkan komponen dan harga komponen.

Dari berbagai pilihan di atas semua terlihat bahwa komponen jenis *semi conductor* yang menjawab kebutuhan dari perancangan ini di karenakan jenis NDIR membutuhkan instalasi tambahan lebih dan harga jenis *electrochemical* yang tinggi, namun seluruh komponen ini mampu mendeteksi dengan baik batas CO terendah yang dapat di terima tubuh manusia yaitu termasuk MQ-7 dalam perancangan ini.