

EMISI EKZOS DARI KENDERAAN BERMOTOR, KESANNYA KE ATAS ATMOSFERA DAN KAEDAH PENGURANGANNYA: SATU KAJIAN

Mohd. Anuar Jailani
Mohammad Nazri Mohd Jaafar

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai
JOHOR

ABSTRAK

Perkembangan pesat di dalam industri automotif masa kini turut menyumbang kepada peningkatan bilangan kenderaan bermotor dari tahun ke tahun seperti kereta, van, bas, lori dan kenderaan-kenderaan lain. Namun begitu, penggunaan kenderaan bermotor ini juga akan memberi kesan sampingan kepada hidupan di dunia ini seperti menjejaskan kesihatan dan merosakkan alam sekitar. Banyak negara telah mengambil langkah kawalan tertentu untuk menangani masalah ini. Malaysia juga sedang menuju ke arah pengawalan masalah pencemaran udara ini lebih-lebih lagi sejak kes jerebu teruk yang berlaku pada tahun 1997.

1.0 PENGENALAN

Di samping oksigen O_2 , karbon dioksida CO_2 , wap air serta gas-gas lengai yang membentuk sebahagian daripada komposisi atmosfera kita, terdapat juga kandungan-kandungan lain seperti asap akibat daripada pembakaran semulajadi, debu-debu daripada tiupan angin, gas-gas tertentu dari letupan gunung berapi

serta pereputan bahan-bahan organik dari hidupan bumi. Bahan-bahan pencemaran semulajadi seperti ini dengan kepekatan yang rendah adalah tidak membahayakan. Akan tetapi, pembuangan secara besar-besaran kontaminan-kontaminan akibat daripada aktiviti-aktiviti manusia sejak revolusi perindustrian telah menyebabkan pelbagai kerugian yang tidak diingini termasuk kebangkitan penyakit-penyakit baru, kadar kematian yang kian meningkat, penurunan hasil pertanian serta kerosakkan harta benda yang tak terhingga nilainya dan kini pencemaran udara telah menjadi salah satu masalah yang paling serius seterusnya mengancam kesejahteraan semua hidupan di dunia.

Pencemaran adalah kotoran yang terhasil oleh sesuatu proses sistem ataupun objek. Pencemaran udara pula boleh ditakrifkan secara ringkasnya sebagai kehadiran komponen bahan-bahan tertentu dalam atmosfera yang merangsangkan, beracun atau membahayakan segala kehidupan serta memusnahkan harta benda.

Pembakaran bahanapi seperti arang batu, petrol, minyak tanah dan minyak diesel adalah punca utama pencemaran udara. Pembakaran bahanapi dari jenis-jenis ini telah menghasilkan dan membebaskan sejumlah besar kuantiti gas sulfur dioksida SO_2 , karbon monoksida CO, hidrokarbon HC, nitrogen dioksida NO_x dan bahan-bahan partikel halus ke dalam atmosfera.

1.1 Kesan Pencemaran Udara

Bukti-bukti tertentu telah menunjukkan pencemaran udara memberikan kesan yang buruk terhadap kesihatan manusia dan hidupan yang lain, memusnahkan tumbuh-tumbuhan, tanah-tanah, merosakkan harta benda, mempengaruhi penglihatan dan pancaran solar ke bumi. Di sini, kesan-kesan tersebut akan dilihat secara agak terperinci melalui aspek-aspek berikut:

1. Kesan pencemaran udara pada atmosfera
2. Kesan pencemaran udara pada harta benda
3. Kesan pencemaran udara pada tumbuh-tumbuhan dan binatang.
4. Kesan pencemaran udara pada kesihatan manusia.

1.1.1 Kesan Pencemaran Udara Ke Atas Atmosfera

Kesan pencemaran udara yang paling nyata pada atmosfera adalah pengurangan penglihatan. Kesan ini bukan sahaja menyebabkan ketidakselesaan, tetapi juga membahayakan dan gejala ini biasanya akan kelihatan di bandar-bandar besar seperti Tokyo, New York dan Kuala Lumpur. Oleh sebab zarah-zarah halus yang terkandung dalam udara tercemar mengurangkan kadar sebaran antara objek yang dilihat dengan penglihat itu sendiri, dengan ini objek tersebut dan latarbelakang langit pada kawasan tercemar itu akan kelihatan gelap dan kurang jelas.

Pencemaran udara juga mempengaruhi cuaca kawasan perbandaran. Pertambahan pembentukan kabus tebal telah mengurangkan emisi solar ke permukaan bumi, penghasilan asid sulfurik melalui pengoksidaan SO_2 dan kehadiran asbut akibat daripada tindak-balas fotokimia antara NO_2 serta tindakbalas HC dengan tenaga solar telah membentuk titisan kabus yang meracuni keaslian atmosfera.

Di samping itu, pencemaran udara juga menyebabkan peningkatan kadar presipitasi. Sekitar penghujung 1980an didapati presipitasi dalam bentuk hujan dan ribut petir bertambah sebanyak 30% di kawasan perindustrian utama dunia. Pertambahan tersebut adalah akibat daripada pembebasan secara besar-besaran wap air serta zarah halus yang bertindak membantu pembentukan awan jenis kumulus dari kilang-kilang perindustrian. Presipitasi jenis hujan asid iaitu air hujan yang mengandungi asid sulfurik akan membawa penyakit kepada hidupan bumi dan merosakkan tanah. Hutan di Norway dan Sweden telah mengalami kerugian yang serius akibat daripada hujan asid. Kajian baru-baru ini menunjukkan keasidan sungai dan tasik di sekitar Eropah utara telah menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Sudah pasti keadaan seperti ini akan memusnahkan hidupan air.

Pertambahan kerencaman atau kepekatan CO_2 dalam atmosfera bermakna bertambahnya kadar penyerapan semula pancaran bumi dan pancaran infra-merah, maka akan meningkatlah suhu udara yang berhampiran dengan permukaan bumi. Kajian yang dilakukan mendapati suhu udara tersebut

meningkat sebanyak 2°C jika kandungan CO₂ dalam atmosfera digandadukan. Pertambahan seumpama ini, seterusnya akan mengakibatkan gangguan cuaca yang tidak diingini serta pencairan ais kutub dan kenaikan paras air yang membahayakan. Oleh itu adalah menjadi tanggungjawab manusia sejagat supaya sama-sama merancang dan mengambil tindakan tertentu demi mengawal pertambahan tersebut.

1.1.2 Kesan Pencemaran Udara Ke Atas Harta-benda

Beribu-ribu juta ringgit harta benda telah dirosakkan oleh pencemaran udara melalui proses tindakan kimia atau proses perlumuran. Kandungan kepekatan asap terutamanya terdiri daripada gas sulfur dan bahan-bahan partikel halus yang tinggi adalah bertanggungjawab kepada proses perlumuran bahan-bahan seperti pakaian, infra-struktur, cat, tekstil dan sebagainya.

Ozon pula adalah sangat mudah mengalami proses tindakan kimia dengan bahan-bahan seperti getah. Sebagai contoh, aduan penduduk-penduduk Los Angeles yang sering menghadapi masalah kehausan tayar kenderaan mereka pada kadar yang cepat sekali kerana kandungan gas ozon di bandar tersebut adalah tinggi jika dibandingkan dengan bandar-bandar lain. Permasalahan ini semakin serius lewat 80an disebabkan meningkatnya perindustrian dan pertambahan penggunaan kenderaan bermotor.

1.1.3 Kesan Pencemaran Udara Ke Atas Tumbuhan dan Haiwan

i. Tumbuh-tumbuhan

Fotosintesis merupakan proses pembuatan makanan yang penting bagi tumbuh-tumbuhan di mana karbon dioksida, klorofil, air dan tenaga suria diperlukan. Beberapa penyelidikan yang dibuat menunjukkan dengan kehadiran 0.2 ppm bahan pencemar seperti “ozinated hexene” sesuatu tumbuhan itu akan tercedera dan didapati kadar fotosintesis berkurang sebanyak 10% selepas 4 jam dan terus berkembang sehingga 67% setelah 24 jam terdedah kepada bahan tersebut.

Jenis-jenis bahan pencemaran utama yang memusnahkan tanam-tanaman ialah ozon, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, aldehyd, etilina, ammonia, karbon monoksida dan lain-lain bahan kimia hidrokarbon.

Secara amnya bahan-bahan pencemaran ini meresap masuk ke dalam tumbuh-tumbuhan melalui stomata daunnya. Apabila ia berada di dalam daun, ia akan memusnahkan klorofil, sel-sel daun, mengurangkan kadar fotosintesis dan membinasakan pokok tersebut pada akhirnya.

ii. Binatang

Bahan pencemaran yang berada pada tumbuh-tumbuhan secara tidak langsung atau langsung ini seterusnya akan mengancam keselamatan binatang darat atau laut. Adalah diketahui bahawa tumbuh-tumbuhan dan binatang adalah saling bergantung untuk mendapatkan makanan. Demi menjamin kehidupan terus-menerus yang lebih selesa, adalah mustahak memastikan perantaraan makanan semulajadi ini tidak terganggu.

1.1.4 Kesan Pencemaran Udara Ke Atas Kesihatan Manusia.

Bukti tentang bahayanya pencemaran udara terhadap kesihatan manusia adalah konklusif. Laporan perubatan menunjukkan kadar penyakit kanser paru-paru dan emphisema telah berlipat ganda banyaknya sejak awal tahun 1970an. Pencemaran udara dianggap sebagai penyumbang langsung kepada proses pencepatan tua, penyakit asthma, berilliosis, emphisema, mesothelioma dan juga sebagai sumbangan yang menyebabkan bronkitis dan barah terutamanya jenis saluran pernafasan.

Di samping itu, pencemaran udara juga mempengaruhi lapisan ozon pada atmosfera dan menambahkan penerimaan pancaran ultra-ungu pada permukaan bumi. Walaupun pancaran ultra-ungu adalah penting untuk menghasilkan vitamin D serta pigmen kulit tetapi kelebihan pancaran tersebut sebagaimana yang dilapurkan kebelakangan ini akan mengakibatkan **kebakaran** kulit dan barah kulit.

Oleh kerana kesan-kesan dari bahan pencemaran udara pada badan manusia adalah sangat lambat malah berpuluh-puluh tahun lamanya, adalah susah untuk mengenalpasti tanda-tandanya pada peringkat awal dan biasanya sesuatu penyakit itu hanya dapat ditentukan pada peringkat akhir di mana pesakit tersebut sudah berada dalam keadaan tenat. Oleh itu adalah sukar untuk diubati.

2.0 MASALAH PENCEMARAN ALAM

2.1 Kesan Rumah Hijau

Kesan rumah hijau adalah penting untuk mengekalkan suhu atmosfera bumi. Gas semulajadi dalam atmosfera akan membentuk satu lapisan yang menyelimuti bumi. Lapisan ini membenarkan sinaran matahari tiba ke permukaan bumi, tetapi tidak membenarkannya keluar. Haba yang terperangkap ini akan memanaskan bumi.

Kegiatan manusia telah mengubah iklim planet bumi. Dalam masa kurang dari dua abad, manusia telah meningkatkan jumlah keseluruhan karbon dioksida dalam atmosfera sebanyak 25% dengan menggunakan bahan bakar fosil dan memusnahkan hutan. Akibatnya kesan rumah hijau menjadi keterlaluan. Dari itu, selagi tidak dikawal pembebasan gas rumah hijau, iklim yang stabil pada masa ini akan menjadi sejarah sahaja. Antara gas-gas rumah hijau adalah karbon dioksida; klorofluorokarbon; metana; nitrus oksida; dan karbon monoksida.

2.2 Jerebu

Jerebu yang kelihatan di ruang udara adalah disebabkan zarah-halus yang tidak kelihatan oleh mata kasar terampai di atmosfera dalam kepekatan yang tinggi. Zarah-halus ini menyerap dan menyerakkan cahaya matahari sehingga mengurangkan jarak penglihatan.

Jerebu berlaku disebabkan pencemaran udara. Pencemaran ini boleh berpunca daripada kejadian semulajadi ataupun oleh perbuatan manusia sendiri.

Punca semulajadi pencemar udara adalah seperti habuk tanah, letupan dan luahan gunung berapi serta tiupan angin laut yang mengandungi garam.

Manakala bahan cemar buatan manusia pula adalah daripada pelepasan pencemar dari kenderaan bermotor, pembakaran bahan api, pemprosesan industri, pembakaran terbuka dan pembangunan tanah.

Keadaan berjerebu yang terjadi pada pertengahan 90an ini adalah antara petanda negatif status kebersihan udara di Malaysia. Walaupun jerebu bukanlah malapetaka yang dahsyat yang dapat meragut nyawa seperti *London Smog*, ia telah menyebabkan kerugian besar kepada syarikat penerbangan MAS yang terpaksa membatalkan beberapa penerbangannya. Dari segi kesihatan pula, terdapat kajian yang menunjukkan kaitan kenaikan kes penyakit seperti lelah dan sebagainya.

2.3 Hujan Asid

Pada tahun 1872 lagi, seorang ahli kimia Inggeris bernama Robert Angus Smith telah menerangkan perkaitan antara pencemaran dengan hujan asid. Oleh kerana semua air hujan mempunyai CO yang larut di dalamnya, semua air hujan adalah asid. Walaubagaimanapun, apa yang dinamai '*hujan asid*' adalah titisan air hujan yang bertindakbalas dengan SO₂ dan NO_x untuk membentuk titisan asid sulfurik dan asid nitrik. Kini, kebanyakan SO₂ dan NO_x ini adalah hasil sampingan daripada pembakaran batu arang, bahan api, kawasan industri dan perlepasan gas-gas dari kenderaan bermotor.

Kajian yang telah dijalankan di Malaysia oleh Jabatan Alam Sekitar menunjukkan bahawa jumlah purata tahunan sulfur dioksida ialah 30µg/m³ di kawasan rumah berdekatan bandar. Bagi kawasan industri julat kepekatan adalah di antara 8µg/m³ dan 240µg/m³.

Mengikut JAS pada tahun 1989, 61 tan nitrogen dioksida dan 11 tan sulfur oksida dibebaskan ke atmosfera daripada kenderaan-kenderaan bermotor setiap hari. Kegiatan yang mengakibatkan hujan asid ialah pengangkutan, industri

dan janakuasa elektrik. Di Malaysia boleh dikatakan bahawa kegiatan yang melibatkan kenderaan bermotor merupakan punca utama hujan asid.

3.0 KEWUJUDAN KAWALAN PENCEMARAN ATMOSFERA

Pada tahun 1952, seorang ahli saintis yang bernama Dr. Arie J. Haegen Smith dalam kertas kerjanya telah membentangkan tentang pencemaran atmosfera di Los Angeles. Beliau berpendapat bahawa punca utama pencemaran atmosfera ini adalah hasil daripada keluaran gas ekzos kenderaan. Keadaan akan menjadi serius lagi apabila sistem lalulintas menjadi terlalu sibuk, ditambah pula dengan pancaran cahaya matahari dan tiupan angin menghasilkan suatu keadaan geografi yang mana gas pencemar tadi terkumpul berdekatan permukaan bumi.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka pihak berkuasa Los Angeles telah menguatkuasakan peraturan ketat kepada keluaran ekzos untuk semua jenis kenderaan iaitu Undang-undang Kawalan Pencemaran Udara California 1959 yang diberi kuasa sepenuhnya kepada 'Air Resources Board (ARB)'.

3.1 Peraturan Emisi

Agensi Perlindungan Alam Sekitar (EPA) telah bertindak balas sebagai reaksi terhadap fenomena pencemaran udara ini. Sekitar tahun 1961, EPA telah merumuskan bahawa piawaian mengatur adalah diperlukan yang mempertimbangkan CO, HC dan asap yang dikeluarkan daripada enjin kenderaan bermotor.

Piawaian sedemikian telah ditakrif dan kemudian satu piawaian baru telah dikeluarkan pada tahun 1971, di mana NO_x telah dipertimbangkan dan diletakkan sebagai bahan pencemar yang wajar dikawal. Beberapa pengubahsuaian telah dilakukan sejak daripada itu di mana pada masa yang sama juga perubahan garis panduan ini mengambil kira kemajuan pengetahuan dan teknologi yang dijalankan hasil dari usaha yang kuat dari setiap negara terlibat.

Dari kajian yang dijalankan di negara ini, menunjukkan permasalahan dalam pencemaran udara adalah lebih banyak disebabkan oleh kenderaan bermotor seperti kereta, motorsikal, bas dan lori. Pada tahun 1990, jumlah kenderaan bermotor di Semenanjung Malaysia sahaja ialah 4,249,758 buah. Nilai ini ialah merupakan pertambahan sebanyak 17% daripada jumlah kenderaan yang berdaftar pada tahun 1977. Dianggarkan lebih 500,000 tan bahan pencemar terhasil di dalam atmosfera pada setiap tahun akibat daripada peningkatan penggunaan kenderaan bermotor.

Secara amnya, kandungan bahan-bahan pencemar yang terpancar dari kenderaan bermotor adalah terdiri daripada Karbon dioksida (CO_2), Plumbum, zarah karbon, bahan api yang tidak dibakar (hidrokarbon - HC), pengikat oksigen dan nitrogen (nitrogen oksida - NO_x), hasil pembakaran bahan api yang tidak lengkap (karbon monoksida - CO), dan sebatian organik yang terbentuk daripada petrol.

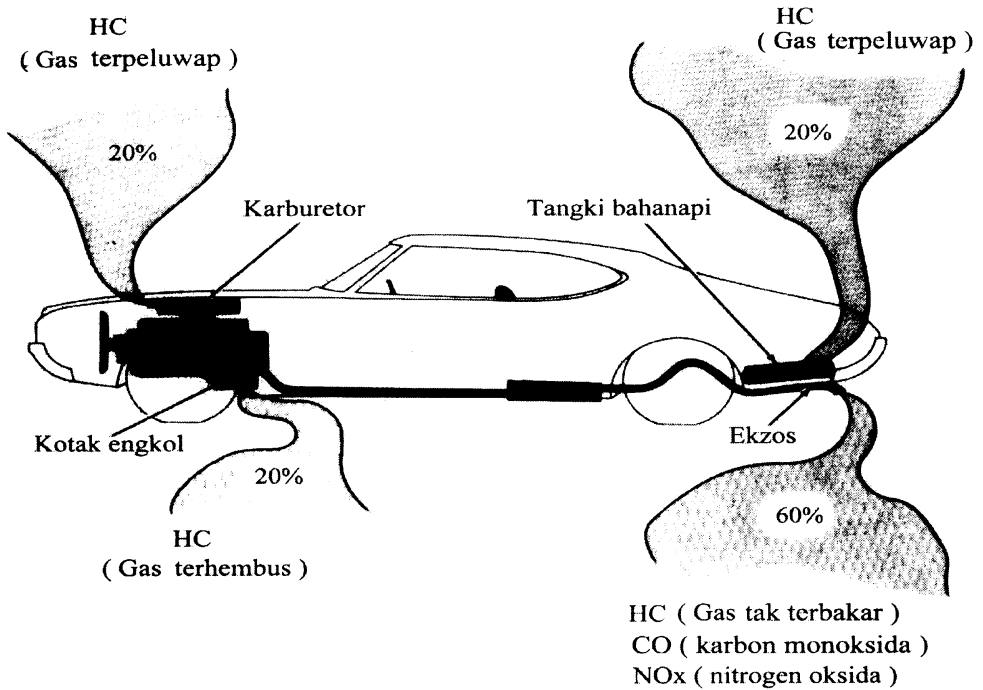
3.2 Faktor Pelepasan Emisi

Di Malaysia, kenderaan bermotor dianggap antara penyumbang utama kepada pencemaran udara. Antara faktor penyebab ini ialah :-

- i. Pertambahan jumlah kenderaan bermotor
- ii. Penggunaan enjin kenderaan yang tidak mengikut piawaian pelepasan asap.
- iii. Penggunaan kenderaan yang uzur dan kurang cekap
- iv. Penggunaan bahan api petrol berplumbum
- v. Penggunaan enjin motorsikal 2 lejang

3.3 Punca Emisi dari Kenderaan

Jika tidak dikawal, kenderaan bermotor akan mengeluarkan emisi dari empat bahagian utama dari kenderaan iaitu pada karburetor, kotak engkol, tangki bahanapi dan paip ekzos seperti Rajah 1.



Rajah 1 Emisi dari kenderaan

Peratus emisi bahan cemar yang terhasil dari setiap bahagian adalah seperti di bawah :-

- i) Keluaran daripada karburetor dan tangki bahanapi 20%
- ii) Keluaran daripada kotak engkol 20%
- iii) Keluaran daripada paip ekzos 60%

3.3.1 Keluaran Dari Karburetor dan Tangki Bahanapi

Keluaran terhasil daripada gas yang terpeluwap iaitu gas yang terhasil apabila bahanapi terpeluwap di dalam tangki bahanapi. Oleh kerana bahanapi yang disedut dan dialirkan ke karburetor melalui sistem sambungan menggunakan paip maka gas yang terpeluwap ini juga boleh mengalir keluar melalui paip ini. Bahanapi yang digunakan oleh kenderaan nyalaan pencucuhan bunga api (SI) merupakan HC yang tulin. Semasa bahanapi ini dibiarkan menyejatkan di dalam keadaan terbuka ke atmosfera maka kandungan HC dibiarkan terlepas ke dalam

udarakasa. Kadar pengewapan menjadi begitu cepat sekali apabila suhu sekeliling meningkat.

3.3.2 Keluaran Dari Kotak Engkol

Keluaran terhasil daripada gas tiup pintas. Gas ini ialah gas yang belum terbakar dan bocor keluar apabila omboh bergerak ke atas dan ke bawah. Pengeluaran daripada kotak engkol ini adalah melibatkan gas tiup pintas dan sejatan wap dari minyak yang panas. Gas tiup pintas ini adalah terdiri daripada gas yang sempat melepasi gegelang mampatan omboh.

Ia boleh menjadi wap air, hidrokarbon, karbon monoksida dan sulfur. Bahan pencemar inilah yang akan berpadu dan menghasilkan asid lumpur di dalam minyak pelincir. Oleh kerana bahan pencemar ini lebih tumpat daripada minyak pelincir maka ia akan termendap di bawah takungan kotak engkol.

3.3.3 Keluaran Dari Sistem Ekzos

Bahan yang terkandung pada gas ekzos semasa berlaku pembakaran lengkap ialah CO_2 dan H_2O yang tidak berbahaya dan tidak mendatangkan masalah. Tetapi enjin tidak semestinya melakukan pembakaran lengkap. Selain oksigen terdapat nitrogen dan lain-lain, termasuklah unsur yang diperlukan untuk pembakaran. Oleh sebab itu, unsur yang berbahaya juga terdapat di dalam gas ekzos yang mana hanya tiga unsur sahaja yang dikawal secara serius.

Dua unsur daripadanya ialah CO dan HC yang terhasil akibat pembakaran yang tidak lengkap. CO terhasil apabila kandungan udara yang disedut tidak mencukupi dan kandungan bahanapi berlebihan. Manakala HC pula akan terhasil sebagai gas jika bahanapi itu tidak terbakar dengan sempurna di dalam ruang pembakaran semasa proses lejang kuasa pada silinder.

Unsur ketiga ialah NO_x . Kandungan nitrogen dalam udara ialah 80% dan baki 20% adalah oksigen. Biasanya dua unsur ini tidak sehati bersama tetapi ia menjadi sehati disebabkan tekanan yang tinggi pada suhu yang tinggi di dalam silinder. Kemudian unsur yang telah sehati ini diikat dengan HC yang masih

tertinggal pada ekzos. Seterusnya tindak balas kimia berlaku apabila ia terkena cahaya matahari dan menjadi bahan yang berbahaya dan menghasilkan asap fotokimia.

CO mudah terhasil semasa kenderaan bergerak dengan kelajuan rendah dan semasa melahu. CO berkurang semasa menambah atau mengurangkan laju. Sebaliknya, HC banyak terhasil apabila mengurangkan laju dan HC berkurang dengan banyaknya semasa pemelahuan dan semasa menambah kelajuan kenderaan. NO_x pula sentiasa akan terhasil semasa enjin bergerak. Oleh kerana unsur yang bahaya ini terhasil dalam keadaan kenderaan sedang bergerak, semua pembuat kenderaan berusaha kuat mencari penyelesaian masalah ini.

4.0 EMISI DARI ENJIN PENCUCUHAN BUNGA API

4.1 Hidrokarbon

Terhasil akibat dari pembakaran yang tidak lengkap bahanapi yang mengandungi hidrokarbon. Paras kandungan hidrokarbon di dalam gas ekzos umumnya diukur dalam bentuk jumlah kepekatan hidrokarbon dan dinyatakan dalam bahagian per juta (*part per million*) atau singkatannya ialah *ppm*. Jumlah hidrokarbon adalah berguna untuk mengukur kecekapan pembakaran.

Salah satu punca mengapa terjadinya hidrokarbon tak terbakar ialah berlakunya lindap-kejut. Fenomena ini berlaku apabila nyalaan bunga api di dalam ruang pembakaran turun menghampiri dinding silinder sejuk, api pembakaran tidak dapat membakar bahanapi pada dinding silinder yang sejuk dengan sempurna. Oleh itu bahanapi tersebut akan terbebas atau dilindap-kejut oleh kawasan sejuk tadi. Akhirnya gas hidrokarbon yang tidak terbakar itu keluar dari ruang pembakaran semasa lejang ekzos.

Di antara punca lain yang menyebabkan hidrokarbon tak terbakar adalah kerana terjadinya enapan pada ruang pembakaran. Enapan ini mempunyai liang-liang udara, apabila ombok bergerak naik ke atas semasa lejang mampatan,

sedikit bahan api ditolak masuk ke dalam liang-liang udara tadi. Bahanapi ini tidak terbakar dan ianya akan keluar di akhir lejang kuasa ataupun semasa lejang ekzos dan terlepas ke atmosfera.

Keadaan enjin yang kurang baik juga menyebabkan terhasilnya hidrokarbon yang berlebihan. Sebagai contoh, kerosakan injap atau gelang omboh, nisbah bahanapi yang tidak menentu akan menyebabkan mampatan yang lemah di mana tidak sampai ke tahap mampatan yang dikehendaki untuk pembakaran yang baik. Akhirnya pada lejang ekzos, banyak gas hidrokarbon tak terbakar akan keluar dari kebuk dan keluar ke pancarongga ekzos.

Sistem penyalan yang kurang baik juga akan menyebabkan berlakunya pencemaran hidrokarbon, sebagai contoh jika salah satu bahagian sistem penyalan tidak beroperasi dengan baik, nyalaan bunga api yang dihasilkan mungkin lemah atau mungkin tiada nyalaan bunga api langsung yang akan menghasilkan pembakaran yang tak sempurna atau tidak terbakar langsung, ini akan meninggikan lagi tahap kandungan hidrokarbon yang tak terbakar.

Di samping itu juga, campuran udara bahanapi boleh menyebabkan kejadian ini. Sebagai contoh, jika campuran itu terlebih bahanapi, pembakaran yang tak sempurna akan berlaku kerana kekurangan oksigen. Dengan itu kandungan hidrokarbon yang tak terbakar akan keluar bersama kandungan yang tak terbakar melalui sistem ekzos ke atmosfera.

4.2 Karbon monoksida

Pengawalan CO adalah penting kerana ia adalah bersifat toksik. Pengeluaran karbon monoksida terjadi apabila bahanapi dibakar dengan percampuran udara yang tidak mencukupi. Dalam enjin nyalaan pencucuhan bunga api, nisbah yang stoikiometri di antara udara dan bahanapi adalah diperlukan untuk menghasilkan kuasa yang maksima, untuk kerja yang kurang berat dan terutamanya untuk menghidupkan enjin semasa sejuk dan semasa memanaskan enjin.

Apabila bahanapi dibekal oleh karburetor atau dari sistem pancitan bahanapi, pecutan dan awapecutan (tekan pedal bahanapi) yang seketika juga menyebabkan percampuran bahan bakar yang banyak. Walaupun dengan nisbah

udara yang mencukupi, masih lagi kepadatan gas karbon monoksida di dalam ekzos, ini adalah kerana kegagalan untuk menetapkan persamaan diantara monoksida dan dioksida semasa proses pengembangan. Antara lain punca emisi CO ini ialah pemasaan pancitan bahanapi yang tidak tepat, penapis udara kotor dan tekanan bahanapi lebih tinggi dari normal.

Karbon monoksida merupakan satu gas yang tidak berwarna, berasa ataupun berbau langsung. CO boleh memberi kesan terhadap sifat-sifat bahan, tumbuh-tumbuhan dan manusia. CO boleh mengakibatkan kesan buruk terhadap 'aerobic metabolism' manusia, di mana ianya boleh menghalang fungsi sel-sel darah merah dalam pemindahan oksigen di dalam sistem darah manusia. Karbon monoksida akan bertindak balas dengan hemoglobin (Hb) di dalam darah untuk membentuk 'carboxyhemoglobin' (COHb), yang mana akan mengurangkan kebolehan darah dalam peredaran oksigen.

4.3 Nitrogen oksida

Nitrogen oksida (NO_x) akan terhasil di dalam semua proses pembakaran apabila suhu kendalian di dalam ruang pembakaran telah meningkat sehingga 2500°F . Apabila enjin beroperasi, udara akan bergerak masuk ke dalam karburetor dan bercampur dengan bahanapi sebelum memasuki kebuk silinder enjin. Semasa proses pembakaran, suhu di dalam ruang pembakaran meningkat sehingga 4500°F . Semasa suhu mencapai 2500°F , nitrogen oksida telah terbentuk dengan cepat iaitu dari tindakbalas nitrogen dan oksigen di dalam udara. NO_x terhasil semasa suhu pembakaran dan tekanan yang tinggi.

Untuk mengurangkan pengeluaran ekzos HC dan CO, kebanyakan enjin direkabentuk beroperasi pada campuran miskin (udara banyak dan bahanapi kurang) dan pada suhu yang tinggi. Akan tetapi suhu pembakaran yang tinggi akan menyebabkan terhasilnya nitrogen oksida dimana unsur nitrogen berpadu dengan unsur oksigen dan seterusnya menghasilkan asid nitrik iaitu satu bahan pengarat yang kuat. Nitrogen oksida adalah terdiri daripada enam jenis gas sebatian yang diketahui sehingga kini, iaitu nitrik oksida (NO), nitrogen dioksida

(NO₂), nitrous oksida (N₂O), nitrogen sesquioksida (N₂O₃), nitrogen tetroksida (N₂O₄) dan nitrogen pentoksida (N₂O₅).

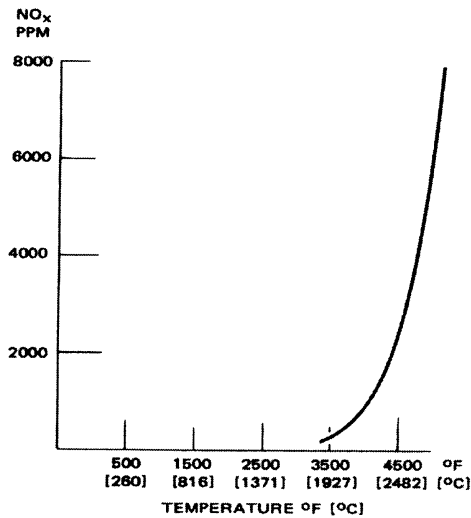
NO_x juga memainkan peranan penting di dalam tindakbalas fotokimia. Ia merupakan salah satu komponen utama di dalam pembentukan 'smog' dan hujan asid.

4.4 Zarah Ekzos

Terdiri daripada jelaga karbon dan zarah-zarah plumbum (kenderaan jenis petrol) dan jelaga asap hitam hasilan daripada ekzos enjin.

4.5 Kesan Emisi dari Kenderaan Bermotor ke atas Kesihatan dan Alam Sekitar

Oleh kerana kenderaan bermotor menjadi keperluan yang penting dan berterusan digunakan, manusia sebenarnya akan berterusan terdedah kepada emisi bahan cemar yang beracun.



Rajah 2 Pembentukan Nox dari kesan suhu

Pencemaran udara yang beracun dan 'corcinogenic' (sebatian yang boleh menyebabkan kanser) daripada kenderaan bermotor amat dipandang serius. HC dan NO_x dari kenderaan bermotor membentuk asap yang mana berupaya merosakkan tisu-tisu jantung dan mampu menyebabkan penyakit-penyakit lain bertambah kronik.

Asap yang tebal dan beracun, mudah mempengaruhi kehidupan manusia terutama kepada kanak-kanak dan orang tua. Merujuk kepada kajian yang dilakukan oleh Persatuan Jantung Amerika Syarikat, hampir 200 000 kanak-kanak dan orang-orang tua telah menghidapi penyakit jantung disebabkan emisi bahan cemar yang beracun ini. Asap daripada kenderaan mampu memusnahkan habitat tumbuh-tumbuhan dan boleh menyebabkan kerosakan yang lebih meluas ke atas hutan-hutan disetiap muka bumi ini. Emisi gas beracun ini terutamanya SO₂ dan NO_x adalah punca utama kepada pembentukan hujan asid dan kepanasan dunia.

5.0 KAEDAH KAWALAN EMISI

Disebabkan oleh sifat wap dan gas beracun yang diemisikan dari kenderaan awam maka beberapa sistem telah diperkenalkan untuk mengawal keadaan ini. Ini juga merupakan kaedah inisiatif yang telah diambil dan amat penting dalam usaha untuk mengawal dan mengurangkan pencemaran udara yang terhasil dari kenderaan bermotor ini. Dalam kajian ini, kaedah yang diambil merupakan langkah yang dilakukan sejak dahulu lagi.

5.1 Pengalihudaraan Kotak Engkol

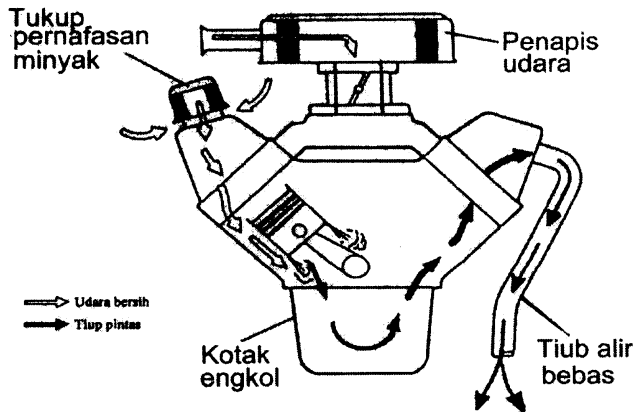
Sistem pengalihudaraan kotak engkol termasuk di dalam sebahagian dari sistem pelinciran enjin dan dalam sistem kawalan emisi. Hampir 20% emisi bahan cemar adalah terhasil daripada kotak engkol.

5.1.1 Sistem Pengalihan Alir Bebas

Kebanyakan kenderaan yang dibuat sebelum tahun 1960-an menggunakan sistem pengalihan alir bebas untuk pengudaraan kotak engkol. Pengalihan ini terdiri daripada satu tiub yang dibengkokkan ke luar yang dipasang pada kotak engkol. Satu hujung tiub terdedah pada aliran udara luar.

Aliran udara yang melintasi bahagian hujung tiub boleh membentuk satu ruang vakum sehingga boleh menyedut gas keluar dari kotak engkol. Udara yang bersih memasuki kotak engkol melalui salur tukup pengisi minyak atau penapis udara kotak engkol yang terletak pada bahagian atas enjin.

Walaupun bagaimanapun, kaedah yang menggunakan sistem ini hanya boleh bekerja dengan baik apabila wujud perbezaan tekanan di antara kotak engkol dengan bahagian hujung tiub. Pada halaju yang rendah, sekitar 40 kilometer per jam, aliran udara yang melalui hujung tiub tidak cukup tinggi untuk membentuk tekanan rendah (vakum) untuk membolehkan gas tiup pintas keluar dari kotak engkol. Pada laju yang tinggi pula, gabungan di antara tekanan kotak engkol yang tinggi dengan tekanan rendah



Rajah 3 Pengalihan alir bebas

rendah pada hujung tiub boleh menyebabkan minyak keluar bersama gas tiup pintas dari enjin. Seperti yang diketahui, gas tiup pintas dan wap dari kotak

engkol terdiri daripada sebatian HC. Oleh sebab itu gas yang dibebaskan ke atmosfera melalui sistem pengalihudaraan alir bebas boleh menjadi penyebab utama terjadi pencemaran udara.

5.1.2 Sistem Pengalihudaraan Kotak Engkol Positif

Oleh kerana terdapatnya emisi daripada kotak engkol akibat gas yang terpeluwap maka satu kaedah sistem telah digabungkan dengan kendalian enjin iaitu sistem pengalihudaraan kotak engkol positif.

Sistem pengalihudaraan kotak engkol positif (PCV), juga digunakan untuk mengatasi masalah yang berlaku pada sistem pengalihudaraan alir bebas. Sistem ini mengambil vakum (tekanan rendah) yang wujud di dalam pancarongga masukan untuk menyedut wap dari kotak engkol. Aliran udara yang wujud lebih seragam, mengalir melalui kotak engkol semasa enjin beroperasi. Wap di dalam kotak engkol bercampur dengan udara masukan dan kembali semula masuk ke dalam kebuk pembakaran.

Terdapat dua fungsi utama sistem PCV; pertama ia dapat mengawal emisi yang terlepas ke atmosfera disebabkan kewujudan gas tiup pintas melalui gelang ombok. Kedua, ia berupaya menghapuskan sisa hasil pemeluwapan dari percampuran minyak dengan gas tiup pintas. Sistem PCV boleh dikelaskan kepada dua kaedah menurut reka bentuk aliran sama ada terbuka atau tertutup.

5.2 Kaedah Penukar Bermangkin

Kaedah menggunakan pemangkin, diperkenalkan sekitar pertengahan 70an dengan tujuan mengawal emisi dari kenderaan bermotor. Pada masa ini, kawalan terhadap keluaran ekzos paling ketat dikenakan di Amerika Syarikat dan Jepun. Peraturan yang menggalakkan lagi kemajuan pemangkin tiga hala ditunjukkan seperti dalam Jadual 1.

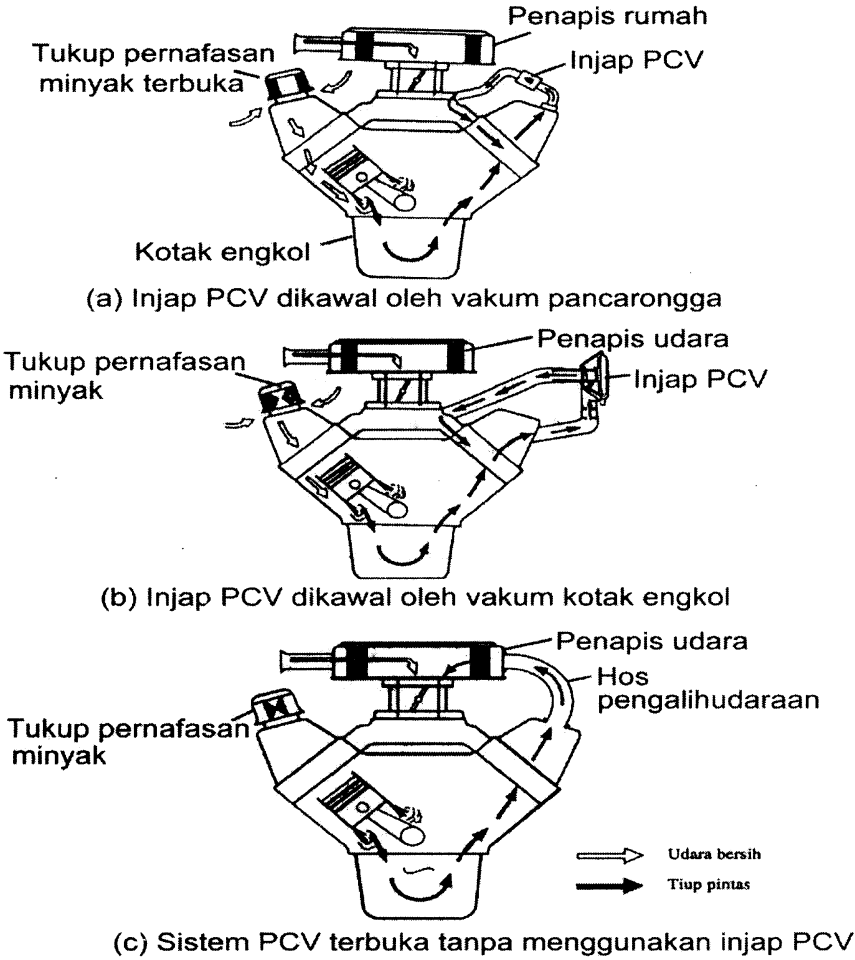
Jadual 1 Had-had Keluaran Ekzos Persekutuan Amerika Syarikat (gram bahan cemar per batu; *gm/batu*)

Tahun Model	HC	CO	NO_x	Penyelesaian
1966	87	8.8	3.6	Prakawalan
1970	34	4.1	4.0	Pencucuhan terencat, reaktor haba.
1974	28	3.0	3.1	Edaran semula gas ekzos (EGR)
1975	15	1.5	3.1	Pemangkin pengoksidaan
1977	15	1.5	2.0	Pemangkin pengoksidaan dan pengelokan EGR
1980	7	0.41	2.0	Pengelokkan pemangkin pengoksidaan dan pemangkin tiga hala

Ujian di Amerika Syarikat ialah sebuah simulasi pemanduan di dalam bandar bermula dari permulaan sejuk di dalam keadaan lalu lintas sesak. Kenderaan dipandu di atas sebuah dinamometer casis dan hasil ekzos dianalisis menggunakan teknik persampelan isi padu malar (CVS). Hasil ekzos dikumpulkan di dalam beg-beg plastik. Gas itu dianalisis untuk mengetahui kandungan karbon monoksida, hidrokarbon tak terbakar dan oksida-oksida nitrogen, melalui pengenalan piawai. Pada tahun 1970, ada tiga peristiwa – kelulusan Akta Udara Bersih Amerika, pengenalan petrol tanpa plumbum dan penerimaan kitar ujian sejuk keluaran ekzos enjin yang menggalakkan kemajuan sistem pemangkin.

Kaedah menggunakan pemangkin di dalam proses industri biasanya beroperasi pada keadaan mantap yang dikawal rapi, tetapi ini tidak berlaku pada enjin terutamanya selepas dihidup sejuk. Tatkala sistem pemangkin dimajukan, keluaran ekzos enjin dikawal dengan merencatkan pencucuhan dan menggunakan edaran semula gas ekzos (EGR) untuk mengawal NO_x. Terdapat tiga sistem pemangkin yang bertujuan untuk mengawal jumlah emisi bahan cemar :

- i) Sistem pemangkin pengoksidaan
- ii) Sistem pemangkin kembar
- iii) Sistem mangkin tiga hala



Rajah 4 Sistem pengalihudaraan kotak engkol positif

5.2.1 Sistem Pemangkin Pengoksidaan

Sistem yang mula-mula diperkenalkan, tetapi keluaran NO_x masih perlu dikawal melalui edaran semula gas ekzos. Oksigen lebih ditambah kepada hasil ekzos (melalui pam udara) untuk memastikan pemangkin sentiasa mampu mengoksida CO dan HC. Ciri-ciri sistem pemangkin ialah :

- i) Penukaran yang tinggi untuk CO dan HC pada kendalian rendah.
- ii) Tahan lasak-prestasi hendaklah dikekalkan selepas 80000 km (50000 batu)

iii) Suhu pepadaman yang rendah

Suhu pepadaman bagi pemangkin platinum dikurangkan dengan menambahkan rodium, disebut sebagai 'penggalak'.

5.2.2 Sistem Pemangkin Berkembar

Sistem yang dapat mengawal sebahagian NO_x tanpa menggunakan edaran semula gas ekzos atau pemaasan pencucuhan terencat. Sebuah sistem suap balik yang memasukkan pengesan oksigen ekzos digunakan bersama karburetor atau sistem suntikan bahan api untuk mengawal nisbah udara bahan api.

Pemangkin pertama ialah pemangkin penurunan yang dapat mengekalkan suatu campuran kaya NO_x boleh dikurangkan. Sebelum memasuki pemangkin kedua, udara disuntik ke dalam hasil ekzos untuk membolehkan pengoksidaan CO dan HC menggantikan pemangkin pengoksidaan. Pemangkin-pemangkin penurunan biasa ini berupaya mengurangkan NO_x , tetapi menghasilkan ammonia (NH_3). Namun demikian, dengan sistem platinum/rodium, pemilihan mangkin penurunan bertambah baik dan kuantiti ammonia yang dihasilkan boleh diabaikan.

5.2.3 Sistem Mangkin Tiga Hala

Sistem yang mengawal pengeluaran emisi HC, CO dan NO_x akibat dari pembangunan mangkin platinum dan rodium. Sistem yang memerlukan kawalan rapi ke atas nisbah campuran udara dan bahan api. Ini biasanya dapat diperolehi melalui suntikan bahan api elektronik.

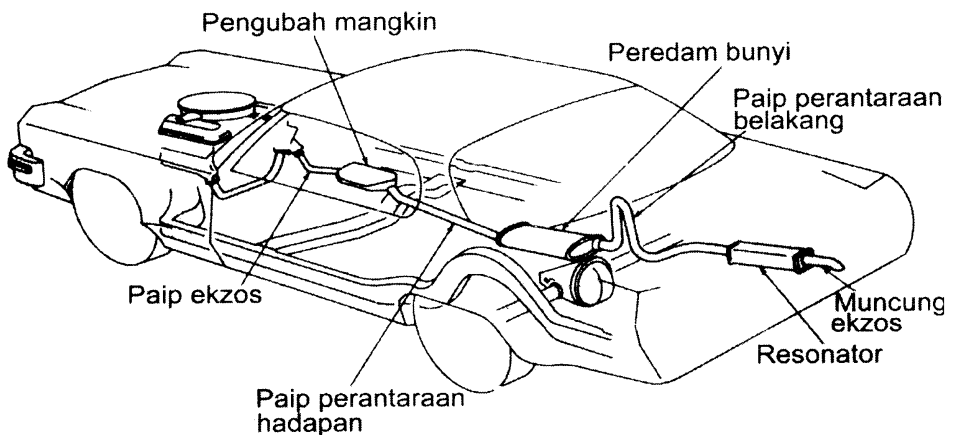
Apabila sistem pemangkin tiga hala digunakan, sistem ini memerlukan sebuah sistem pengurusan enjin yang mampu mengawal nisbah campuran udara dan bahan api yang tepat. Sistem pemangkin tiga hala sentiasa harus dikendalikan pada nisbah campuran udara bahan api stoikimetri.

5.2.4 Pengubah Bermangkin

Didefinisikan sebagai “penapis khas yang dipasang di dalam sistem ekzos. Penapis ini mengandungi bahan-bahan kimia yang menghilangkan emisi bahan pencemar daripada gas ekzos”. Dipasangkan pada sistem ekzos diantara pancarongga keluaran ekzos dan perendam bunyi. Satu kaedah yang berkesan untuk mengawal keluaran emisi bahan cemar yang memudaratkan.

5.2.4.1 Operasi Pemangkin

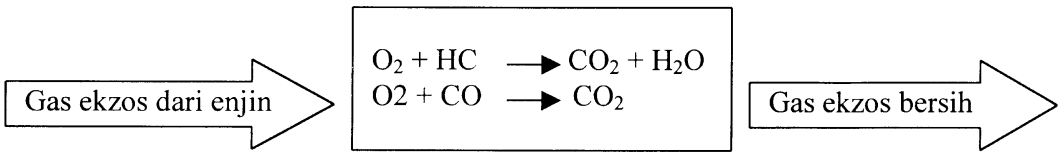
Mangkin merupakan bahan yang digunakan untuk menghasilkan tindak balas kimia pada unsur lain. Mangkin ini diletakkan dalam satu bekas (pengubah mangkin) dan dipasang pada paip ekzos. Gas ekzos yang keluar daripada kebuk pembakaran akan mengalir keluar melalui bekas ini dan melakukan tindak balas kimia, kemudian unsur bahaya ini akan ditukarkan menjadi unsur yang tidak merbahaya.



Rajah 5 Lokasi Pengubah mangkin pada sistem ekzos

Proses ini dilakukan oleh pengubah mangkin (catalytic converter). Biasanya, apabila suhu diturunkan HC, CO dan NO_x sukar untuk melakukan tindak balas kimia. Alat ‘converter’ mangkin menukar CO menjadi CO_2 dan HC

kepada CO_2 dan H_2O . Walaubagaimana pun, NO_x masih tidak dapat dikawal dengan sepenuhnya biarpun pemangkin dapat menukarkannya kepada N dan O_2 .



Rajah 6 Proses pengoksidaan dalam pengubah mangkin

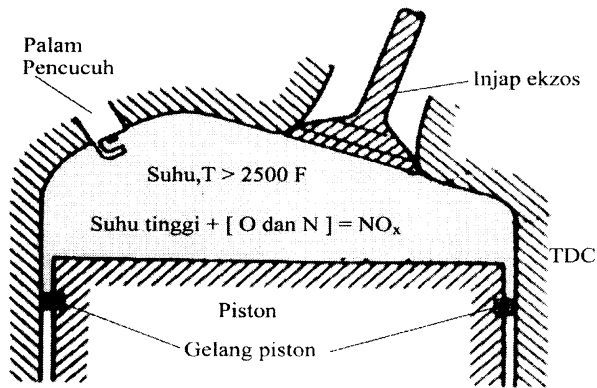
5.3 Kaedah Pengalihudaraan Semula Gas Ekzos (EGR)

Untuk mengurangkan kandungan NO_x , mangkin oksida boleh digunakan untuk memisahkan sebatian N dan O_2 , tetapi penggunaan EGR yang boleh menurunkan suhu kebuk pembakaran selinder sangatlah berkesan.

EGR merupakan satu kaedah yang dikhususkan untuk mengurangkan pembentukan nitrogen oksida (NO_x) semasa proses pembakaran di dalam kebuk selinder enjin. Sistem ini melakukan proses peredaran semula pada sebahagian kecil gas ekzos agar kembali ke kebuk pembakaran dan kaedah ini telah digunakan secara meluasnya untuk mengawal NO_x .

5.3.1 Operasi Kaedah EGR

Emisi NO_x bukanlah merupakan masalah yang besar semasa enjin kenderaan berada dalam kelajuan melahu: masalah akan mula wujud apabila enjin mula memecut di antara kelajuan melahu ke kelajuan tetap yang mana pada masa ini pembentukan NO_x mula meningkat. Ini adalah kerana, pada masa ini (kelajuan meningkat), enjin akan beroperasi dengan campuran udara-bahan api yang kaya. Seterusnya pembakaran yang akan berlaku di dalam kebuk pembakaran akan lebih 'kuat' hasil campuran udara bahan api yang kaya tadi. Keadaan ini menyebabkan suhu dan tekanan di dalam kebuk pembakaran meningkat lebih cepat.



Rajah 7 Pembentukan NO_x di dalam kebuk pembakaran

Semasa kenderaan di dalam keadaan kelajuan tetap, enjin beroperasi tanpa beban yang berat. Oleh itu proses untuk campuran udara dan bahan api juga adalah malar.

Dalam udara terdapat kandungan nitrogen (N) dan oksigen(O₂) yang banyak tetapi gas-gas ini tidak sebanding antara satu sama lain. Walaubagaimanapun, nitrogen dan oksigen ini akan bersebanding apabila berlaku tindak balas kimia semasa suhu tinggi di dalam kebuk pembakaran selinder enjin. Daripada proses tindak balas kimia inilah akan terhasilnya gas nitrogen oksida (NO_x) yang merbahaya.

EGR ialah satu kaedah dengan udara sedutan dihantar bersama 5-20% gas ekzos ke dalam kebuk pembakaran. Oleh kerana gas ekzos ialah gas yang tidak aktif, ia tidak akan bertindak balas sekiranya tiada mangkin. Oleh itu gas ekzos tidak akan terbakar walaupun di dalam kebuk pembakaran, maka suhu boleh diturunkan. Pengurangan suhu akan dapat mengurangkan pembentukan NO_x. Penyedutan gas ekzos ini dilakukan dengan menggunakan dua kaedah iaitu melalui kaedah vakum dan kaedah menggunakan beban tekanan dalam liang ekzos.

5.3.2 Jenis Kaedah EGR

Terdapat dua jenis kaedah ini yang mana digunakan untuk menyelaraskan/mengawal sejumlah gas ekzos yang memasuki pancaronngga masukan:-

1. Jenis "floor-jet"

Dua jet kecil dipasang pada lubang yang ditebuk melalui pancaronngga masukkan dan terus ke saluran pancaronngga gas ekzos.

2. Jenis kawalan injap

- i) Saluran khas dibuat dimana menyambungkan antara pancaronngga masukan dengan pancaronngga ekzos.
- ii) Saluran ini akan terbuka dan tertutup melalui kawalan injap vakum EGR.
- iii) Bahagian atas injap adalah terkedap. Disambungkan dari talian vakum kepada liang vakum pada karburetor.

6. KESIMPULAN

Pelbagai kaedah telah digunakan untuk mengawal emisi ekzos kenderaan bermotor, antaranya menggunakan pengubah bermangkin, sistem pengalihudaraan kotak engkol positif (PCV), sistem penyelenggaraan berjadual dan kaedah edaran semula gas ekzos (EGR). Kaedah-kaedah ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Justeru itu kaedah dan sistem ini adalah saling berkait antara satu sama lain. Kaedah edaran semula gas ekzos wajar digunakan berikutan kebolehnya mengawal emisi gas oksida nitrogen.

RUJUKAN

1. Ahmad Ismail (1980), *Exhaust Emission From automobile And Their Effect On Urban Developments*. Tesis PSM. .Kuala Lumpur ; Universiti Teknologi Malaysia.
2. Heywood, John B. (1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Mc Graw-Hill Book Company ; USA.
3. Malaysia, Jabatan Alam Sekitar(1974). RANG UNDANG-UNDANG bernama Suatu Akta Untuk Meminda Akta Kualiti Alam Sekeliling. Kuala Lumpur; Jabatan Alam Sekitar
4. Nelson, Thomas (1974), *Guide To Emission Controls : How they work*. Ontario Canada ; Chilton Book Company
5. Silver, Ronald G . *Catalytic Control of Air pollution Mobile and Stationary Sources*.United Siate; Mc Graw-Hill Book Company.
6. William H, Crouse (1971). *Automotive Emission Control*. United States ; Mc-Graw-Hill Incorporation.
7. William H, Crouse dan Anglin, Donald L, (1983). *Automotive Emission Control*. United States ; Mc-Graw-Hill Incorporation.