



**PUSAT PENGAJIAN KEJURUTERAAN MEKANIK
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
KAMPUS CAWANGAN PERAK**

**IDENTIFYING HARMFUL POLLUTANTS FROM
CONVENTIONAL ENERGY SYSTEM**

DISEDIAKAN OLEH:

**MOHD RIDZUAN B WAN ABDULLAH
(46357)**

PENYELIA :

EN. MOHD SHIRAZ ARIS

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan untuk ijazah
dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN MEKANIK

PENGHARGAAN

Pertama sekali syukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya, saya dapat menyiapkan projek tahun akhir ini. Seterusnya setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya, En Mohd Shiraz Aris diatas tunjuk ajar, sokongan dan galakan yang diberikan semasa projek ini berjalan. Juga tidak dilupakan penghargaan kepada En Said kerana pertolongan bagi mnedapatkan data dari Stesen Janakuasa Lumut.

Seterusnya sekalung penghargaan kepada pegawai-pegawai dari Stesen janakuasa Lumut, Kapar dan Seberang Prai kerjasama mereka semasa mendapatkan data dari stesen janakuasa terbabit.

Paling tidak dilupakan kepada Ma, Abah dan keluarga diatas segala sokongan selama ini dan berbanyak terima kasih kepada Kak Mila diatas pertolongan beliau untuk menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, kepada semua yang namanya tidak sempat saya rakamkan disini, terima kasih dan semua ini akan kekal sebagai kenangan.

Mohd Ridzuan Wan Abdullah
46357
A 3543137

- 26 Februari 2000.

ABSTRAK

Projek ini adalah mengenai mengenalpasti bahan tercemar yang berbahaya yang terhasil dari sistem kuasa yang menggunakan jenis bahan api dan prinsip kerja yang berlainan. Pendekatan yang digunakan adalah mengenalpasti tahap pencemaran bahan yang terhasil dan semua parameter yang berkaitan menghasilkan bahan tercemar tersebut. Projek ini juga akan mengupas bagaimana jenis bahan api yang berlainan dalam sistem kuasa lazim akan memberi kesan kepada tahap pencemaran yang terhasil.

Rangka projek ini ialah berdasarkan pencemaran yang terhasil dari stesen janakuasa yang menggunakan tiga jenis bahan api yang berbeza iaitu arang batu, minyak dan gas. Daripada stesen janakuasa yang berbeza, jenis bahan tercemar yang terhasil dari stesen janakuasa akan dikaji dan kaedah untuk mengawal tahap pencemaran akan dikupas. Semua parameter yang berkaitan dengan penghasilan bahan tercemar akan dikaji dan mencari alternatif untuk mengawal dan mengurangkan tahap pencemaran tanpa memberi kesan kepada kuasa yang akan dihasilkan oleh stesen janakuasa tersebut.

Methodology bagi projek ini ialah dengan mendapatkan data dari setiap stesen janakuasa yang dipilih, mengkaji data, banding dan mengaitkan data yang diperolehi dengan teori. Projek ini juga akan melihat kepada aspek kerja rekabentuk bagi setiap stesen janakuasa bagi mencadangkan satu rekabentuk rujukan untuk stesen janakuasa yang akan menghasilkan tahap pencemaran yang rendah. Semasa proses tersebut, satu perhubungan relatif diantara jenis bahan api dalam sistem kuasa dan jenis bahan tercemar yang dihasilkan oleh stesen janakuasa. Pada akhir projek, apa yang diharapkan agar

tercapai ialah satu rujukan rekabentuk bagi stesen janakuasa yang menggunakan sumber lazim dan menghasilkan pencemaran pada tahap rendah.

KANDUNGAN.

PENGHARGAAN

ABSTRAK

	<u>Page</u>
1.0 – PENGENALAN	1
1.1- SIFAT PENCEMARAN	1
1.2- OBJEKTIF	4
1.3- METODOLOGI	5
1.4- SKOP KAJIAN	6
2.0 – KAJIAN PERSURATAN	7
2.1- BAHAN PENCEMARAN BERBAHAYA DARI SISTEM TENAGA	7
2.1.1- Nitrogen Oksida	7
2.1.2- Sulphur Oksida	9
2.1.3- Oksida Karbon	12
2.1.4- Hidrokarbon	13
2.2- SISTEM TENAGA LAZIM	15
2.2.1- Gas Asli	16
2.2.2- Arang Batu	18
2.2.3- Minyak Mentah	20
3.0 – KAJIAN KES	22
3.1- LOKASI STESEN JANAKUASA	22
3.2- PERINCIAN STESEN JANAKUASA KAJIAN	23

3.3- KAJIAN KE ATAS STESEN JANAKUASA DENGAN GAS ASLI SEBAGAI SUMBER TENAGA	25
3.3.1- Eksperimen Ringkas Di Stesen Janakuasa Lumut.	25
3.3.2- Pencemaran NO _x	
3.4- KAJIAN KE ATAS STESEN JANAKUASA DENGAN ARANG BATU SEBAGAI SUMBER TENAGA	31
3.4.1- Pencemaran NO _x	32
3.4.2- Pencemaran SO ₂	34
3.5- KAJIAN KE ATAS STESEN JANAKUASA DENGAN MINYAK SEBAGAI SUMBER TENAGA.	37
3.5.1- Pencemaran NO _x	38
3.5.2- Pencemaran SO _x	39
3.6- PERBANDINGAN	42
4.0- KESIMPULAN.	45
5.0 – SUGGESTION	45
6.0- REFERENCE	46
7.0- APPENDIX	47

1.0- PENGENALAN

1.1- SIFAT PENCEMARAN

Peraturan baru ke atas penghasilan maksimum pencemaran sedang diluluskan oleh kerajaan dan pihak berkuasa diseluruh dunia dan kaedah tradisional bagi pengurangan pencemaran adalah semakin sukar. Penghapusan bahan seperti sulfur dioksida hanya boleh dilakukan samada dengan pemilihan bahan api atau rawatan kimia yang tertumpu kepada memisahkan komponen yang tidak dikehendaki dalam bahan api. Sistem pembakaran yang cekap boleh mengurangkan penghasilan hidrokarbon tidak terbakar, bahan organik dan karbon monoksida.

Pencemaran didefinisikan sebagai jangkitan terhadap persekitaran manusia, semua bahan yang terhasil dari kebuk pembakaran yang mengubah atau mengganggu keseimbangan semulajadi persekitaran adalah dianggap bahan tercemar. Di kebanyakan bandar besar di Amerika, kawalan ketat terhadap pencemaran telah membawa kepada pengurangan kadar peningkatan tahap pencemaran dan tujuan ialah tahap pengurangan dengan pengurangan berterusan dalam pencemaran dari kenderaan dan stesen janakuasa.

Penghasilan NO_x adalah penting memandangkan ia memberi kesan terhadap persekitaran dan kesukaran untuk menghapuskannya. Lefebre(1983) menyatakan bahawa teknik yang digunakan untuk mengurangkan penghasilan NO_x juga merupakan sebab terhadap peningkatan penghasilan karbon monoksida. Pembentukan NO_x adalah berkaitan secara terus berkaitan dengan suhu, menjadikan percubaan untuk mengurangkan pencemaran NO_x mesti melibatkan pengurangan suhu pembakaran yang mana akan membawa kepada pengurangan kecekapan terma dan pembakaran keseluruhan. Konflik

yang wujud diantara percubaan untuk meningkatkan penjanaan tenaga dengan meningkatkan kecekapan pembakaran dan kawalan terhadap pencemaran NO_x. Tolak ansur perlu dibuat diantara keperluan ekonomikal untuk penghasilan tenaga maksimum dan keperluan persekitaran untuk meminimumkan pencemaran.

Pendekatan projek ini ialah dengan mengenalpasti bahan tercemar berbahaya yang dihasilkan dari sistem tenaga lazim dan dan mengenalpasti kaedah untuk mengawal tahap pencemaran. Daripada sistem tenaga lazim yang wujud, sistem tenaga yang menjana kuasa menggunakan bahan api dipilih. Sumber tenaga lazim boleh merupakan tenaga solar, bahan api fosil termasuk arang batu, petroleum dan gas asli. Walau bagaimanapun, bagi penggunaan seluruh dunia, sumber tenaga utama ialah bahan api fosil, hidroelektrik dan bahan api dari loji nuklear.

Bagi penghasilan pencemaran, nisbah penghasilan mengikut sumber yang berbeza ditunjukkan dalam jadual 1.

Sumber	Pencemaran (%)
Kenderaan Bermotor	60.6
Industri	16.8
Stesen Janakuasa Fosil	14.1
Pemanasan Ruang Angkasa	5.6
Pembuangan	3.5

Jadual 1- Peraturan pencemaran udara kimia dunia (1966)

Bagi mengkhususkan projek, projek ini akan menimbangankan 3 jenis stesen janakuasa yang menggunakan arang batu, minyak dan gas asli untuk menjana tenaga atau kuasa. Ketiga-tiga jenis stesen janakuasa ini terdapat di Malaysia dengan 3 lokasi

berbeza. Daripada aspek persekitaran, stesen janakuasa bukan merupakan penyumbang terbesar terhadap masalah pencemaran alam sekitar berbanding kenderaan bermotor dan industri, tetapi ianya semakin meningkat memandangkan bilangan dan saiz akan terus meningkat pada masa hadapan.

Bahan tercemar yang dihasilkan oleh stesen janakuasa fosil:

1. Sulfur Oksida (SO_x)
2. Nitrogen Oksida (NO_x)
3. Oksida Karbon
4. Bahan partikel
5. Pencemaran terma

Kesan pencemaran dari stesen janakuasa terhadap alam sekitar tertumpu kepada udara dan tanah. Kandungan utama yang merupakan tumpuan utama dalam atmosfera bumi ialah N_2 dan O_2 . Jadual 2 dibawah menunjukkan kandungan komponen utama gas dan jangka hayat dalam atmosfera.

Komponen	Kandungan Global (tan)	Jangkahayat
N ₂	4.25 x 10 ¹⁵	Tidak terhad
O ₂	1.30 x 10 ¹⁵	Tidak terhad
CO ₂	2.80 x 10 ¹²	Tahun
CH ₄	5.00 x 10 ⁹	Tahun
CO	6.00 x 10 ⁸	Tahun
NO _x	9.00 x 10 ⁶	Hari
SO ₂	2.50 x 10 ⁶	Hari
Paticulate matter	1.55 x 10 ⁸	Hari ke tahun

Jadual 2- Kandungan utama atmosfera seluruh dunia.

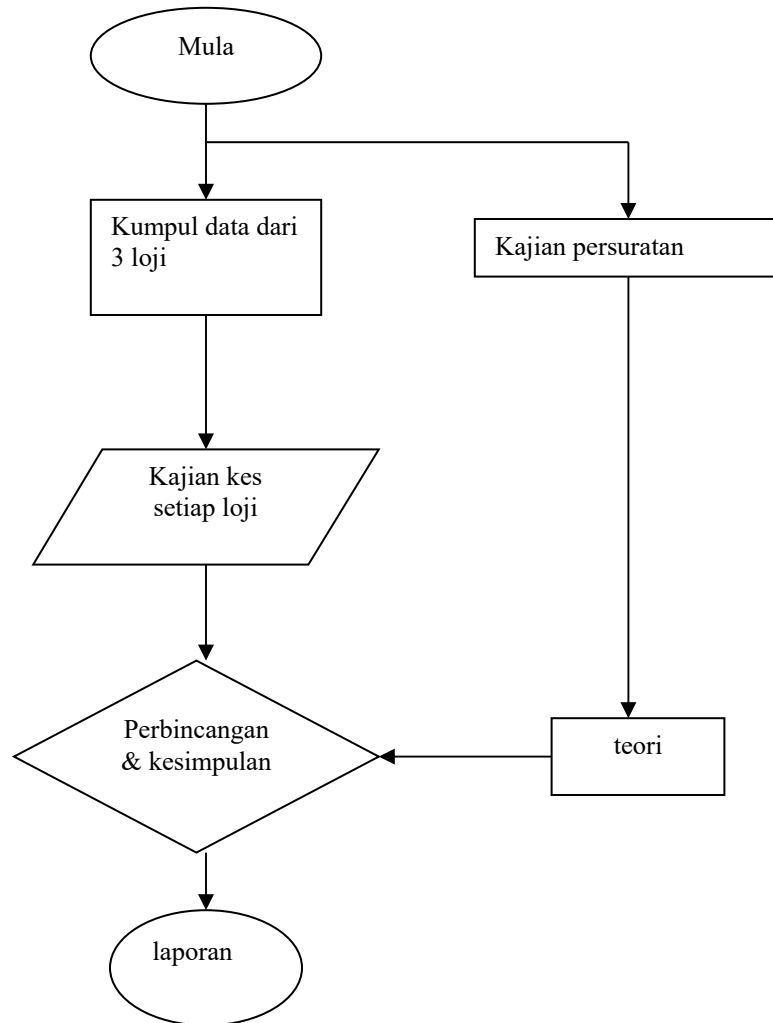
1.2- OBJEKTIF

Objektif projek ini ialah untuk mendapatkan satu rujukan rekabentuk berdasarkan pengkajian ke atas stesen janakuasa yang menjana tenaga menggunakan bahan api fosil. Tujuan bagi kajian ini ialah untuk melihat dari aspek teori dan menterjemah teori tersebut kepada data yang diperolehi dari stesen janakuasa. Kajian ini akan lebih menumpukan kepada mengenalpasti bahan tercemar yang dihasilkan oleh stesen janakuasa dan membuat satu perbandingan di antara tiga jenis stesen janakuasa atau sistem tenaga. Perbandingan tersebut adalah berdasarkan jenis bahan tercemar yang terhasil dan parameter yang berkaitan. Seterusnya kaedah bagi mengurangkan pencemaran akan dikaji. Pada akhir projek, apa yang akan dihasilkan ialah satu perhubungan relatif diantara bahan tercemar dan parameter yang mempengaruhi tahap pencemaran. Data yang diperolehi dari stesen janakuasa terbabit dalam kajian ini akan digunakan sebagai rujukan bagi teori dan anggapan yang digunakan.

1.3- METODOLOGI

Methodology projek ini ialah mengkaji data yang diperolehi dari stesen janakuasa dengan bahan api fosil. Data yang diperolehi akan menunjukkan tahap pencemaran setiap stesen janakuasa dengan jenis bahan tercemar dan parameter yang berkaitan. Semua anggapan yang dibuat adalah berdasarkan data dan teori yang berkaitan dengannya.

Kajian ini akan menumpukan bahan pencemaran utama yang terhasil dari loji dan parameternya. Pada akhir kajian, perbandingan akan dibuat bagi loji yang berbeza.



- Carta alir untuk methodology projek.

1.4- SKOP KAJIAN.

Skop kajian projek ini ialah mengenalpasti bahan pencemaran yang dihasilkan oleh sistem tenaga lazim yang menggunakan bahan api fosil sebagai sumber tenaga. Tiga loji berbeza telah dipilih untuk kajian. Tumpuan utama akan diberi pada pencemaran yang mempunyai akta kawalan yang ketat.

2.0- KAJIAN PERSURATAN

2.1- BAHAN PENCEMARAN BERBAHAYA DARI SISTEM TENAGA

Bahan pencemaran	Sumber semulajadi	Sumber Industri	Sumber Lain	Kesan
Sufur Oksida, SO _x	Gunung berapi	Pembakaran, Industri kimia	Pembakaran terbuka	Manusia, haiwan, tumbuhan, bangunan
Karbon monoksida	Pembakaran hutan	Proses kok	Kenderaan bermotor pembakaran terbuka	Manusia
Nitrogen Oksida, NO _x	Kilat	Pembakaran, industri kimia	Pengangkutan jalan	Manusia, haiwan tumbuhan
Hidrokarbon	Tar minyak	Ekstrak minyak, industri kimia, pembakaran	Pengangkutan jalan	Manusia

Jadual 3- Jenis bahan pencemar dari sistem tenaga.

2.1.1- Nitrogen Oksida.

Oksida-oksida nitrogen biasanya terbentuk semasa proses pembakaran, terutamanya sebagai hasil dari tindakbalas kimia di antara atom nitrogen dan oksigen. Oksida nitrogen merujuk kepada NO_x dan dua oksida utama nitrogen terhasil dari sistem pembakaran adalah nitrik oksida, NO dan nitrogen dioksida, NO₂. Walaubagaimanapun, oksida nitrogen terdapat dalam berbagai bentuk : nitrik oksida, nitrus oksida, nitrogen dioksida, nitrogen trioksida, nitrik anhidrat dan nitrus anhidrat.

Nitrik oksida, NO terbentuk semasa pembakaran bagi semua bahan api fosil. Kadar pembentukannya adalah sangat bergantung kepada suhu pembakaran, iaitu pada suhu yang tinggi. Pembentukan juga bergantung kepada penumpuan oksigen yang hadir

pada jangka masa yang dibenarkan bagi proses pembakaran. Penyumbang utama kepada penghasilan NO ialah kenderaan bermotor, di mana pembakaran berlaku pada suhu yang tinggi, di mana penghasilan adalah kurang bagi pembakaran arang batu dan minyak di stesen janakuasa.

Di atmosfera, NO akan dioksidakan dengan pantas menjadi NO₂, satu proses dimana dipercepatkan oleh kesan fotokimia dan kehadiran bahan organik dalam udara. NO₂ mempunyai lebih kesan buruk terhadap manusia berbanding NO. Ia juga mengurangkan kadar penglihatan dalam udara. Kewujudan NO₂ boleh dikesan dengan bau apabila ia mencecah kepekatan 0.4 ppm atau lebih. NO₂ juga boleh dianggap sebagai gas toksik dalam persekitaran industri. Jika dihidu pada kepekatan yang mencukupi, ia boleh menyebabkan edema pulmonary apabila satu jangka masa. NO sebagai komponen utama NO_x tidak memberi kesan secara terus, tetapi hanya sebagai penukaran kepada NO₂. Min jangkahayat bagi NO_x dalam atmosfera dianggarkan selama empat hari. Ini menyebabkan kepekatan yang tinggi tidak didapati kecuali dalam kabus fotokimia., NO_x boleh terbentuk dalam salah satu dari tiga cara ini :

- (1)- pada suhu yang tinggi dalam nyalaan, N₂ bertindakbalas dengan oksigen untuk membentuk NO terma.
- (2)- apabila bahan api mempunyai kompaun kandungan nitrogen, nitrogen dilepaskan pada suhu yang agak rendah untuk membentuk NO bahan api (fuel NO).
- (3)- secara alternatif, jika NO dibentuk dengan mekanisme selain dari pembentukan oleh NO terma dan NO bahan api, ia merujuk kepada pembentukan NO serta-merta (prompt NO). Secara prinsipal, NO yang serta-

merta akan terbentuk dari tindakbalas bahan api menghasilkan radikal kimia dengan N_2 yang secara mutlak membentuk NO.

Dalam kebanyakan alatan pembakaran, terma NO merupakan sumber dominan bagi nitrogen oksida. Minyak mentah dan arang batu biasanya mengandungi amaun kompaun nitrogen organik dan nitrogen bahan api boleh menjadi sumber penting bagi NO. Dibawah keadaan suhu yang relatifnya rendah, iaitu lebih kurang 1300K, pembakaran arang batu dalam lapisan bendalir, NO bahan api merupakan sumber dominan. NO yang terbentuk serta-merta akan terbentuk dalam resapan bergolak nyalaan gas dimana suhu maksimum mungkin serendah 1600K.

2.1.2- Sulfur Oksida.

Sulfur merupakan bahan yang dijumpai dalam kebanyakan bnetuk arang batu dan minyak. Semasa proses pembakaran, sulfur akan bertindak balas dengan oksigen membentuk sulfur dioksida, SO_2 dan sulfur trioksida, SO_3 . Dianggarkan jumlah pencemaran dari sistem pembakaran ialah 93×10^6 tan setahun, di mana lebih kurang 70% dihasilkan oleh stesen penjanaan elektrik menggunakan bahan api fosil secara terus.

Sumber utama sulfur dioksida ialah pembakaran bahan api fosil mengandungi sulfur. Ini didominasi oleh arang batu dan minyak, memandangkan gas asli, disel dan petrol secara relatif mengandungi kandungan sulfur yang rendah. Sumber aras rendah memberi kesan kepada kawasan bandar tempatan akan tetapi sumber aras tinggi mungkin membawa kepada satu jarak yang jauh dalam atmosfera. Semasa proses pengangkutan

tersebut, pengoksidaan sulfur dan nitrogen oksida kepada asid sulfurik dan asid nitrik berlaku, menyebabkan peningkatan masalah hujan asid pada jarak bawaan angin yang agak jauh.

Sulfur dioksida, SO_2 yang kebanyakan terhasil dari sumber tiruan iaitu bukan sumber semulajadi, merupakan tumpuan utama. Ia dihasilkan dalam pembakaran arang batu dan minyak, kebanyakan stesen janakuasa, dengan arang batu menyumbang sebanyak 70% dari jumlah. Kepekatan SO_2 mempunyai variasi yang agak luas dan biasanya disukat dalam bentuk bahagian per sejuta (part per million, ppm). Kawasan industri membangun biasanya mencapai 3.2 ppm and pada puncak 11ppm telah direkodkan. Kepekatan SO_2 kurang dari 0.6 pmm tidak menyebabkan apa-apa kesan kesihatan terhadap manusia. Kebanyakan orang biasanya akan mengalami mabuk sulfur pada 5ppm dan kegatalan pada aras 10ppm.,

Sulfur dioksida ditukarkan kepada sulfat dan asid sulfurik dalam udara sebaik sahaja ia terbebas ke udara dan tiada bukti peningkatan secara global oksida sulfur dalam atmosfera. Kadar pengoksidaan sulfur oksida kepada asid sulfurik bergantung kepada darjah cahaya matahari, kepekatan bagi kelembapan, hidrokarbon, katalisis dan bahan reaktif lain dalam atmosfera. Asid sulfurik yang terbentuk dalam atmosfera mempunyai kereaktifan yang tinggi dan menyebabkan hakisan pada struktur metalik dan bahan bangunan. Keasidan hujan yang turun didapati lebih tinggi di bandar industri yang besar di mana nilai pH adalah 4 telah dilaporkan dan digambarkan terus kepada pencemaran sulfur oksida, SO_x . Hujan yang turun dengan kepekatan asid telah menunjukkan pengurangan populasi mikro-organisma dan membawa kepada pengurangan dalam kadar pertumbuhan.

Empat kaedah yang boleh mengurangkan pencemaran sulfur oksida. :

1. menggunakan bahan api rendah sulfur, seperti gas asli atau bendalir nyahsulfur dan bahan api pepejal. Bahan api rendah sulfur ini telah menjadi bahan api berharga tetapi penerimaan yang agak luas bagi kepentingan menggunakan bahan api dengan kandungan sulfur yang rendah dan sederhana.
2. penyahsulfur bahan api- kandungan sulfur bagi bahan api pepejal boleh dikurangkan kepada hampir 1.5% dengan proses pembersihan normal. Semasa proses penyulingan petroleum, sulfur tertumpu dalam minyak bahan api yang berat. Sulingan yang tinggi biasanya mengandungi kepekatan sulfur yang rendah dari yang biasa. Pencencairan bahan api pepejal dan mengaskan kedua-dua bahan api pepejal dan cecair menyebabkan pengurangan dalam kandungan sulfur.
3. Pembuangan sulfur oksida dari gas pembakaran sebelum dilepaskan ke atmosfera. Kedua-dua proses kering dan basah merupakan proses yang boleh digunakan untuk membuang sulfur oksida dari gas serombong. Sulfur ini akan ditukarkan kepada asid sulfurik atau bentuk sulfat yang lain dan kecekapan pembuangan adalah pada kadar 90%.
4. Pembuangan sulfur semasa proses pembakaran. Dalam pembakaran lapisan bendalir bagi arang batu dan bahan api minyak yang berat, alkali oksida bumi seperti lime atau dolomit ditambah kepada lapisan. Oksida bumi akan menyerap sulfur, dimana ia dikekalkan dalam bentuk pepejal yang mana ia tidak dipindahkan dari kebuk pembakaran.

2.1.3- Oksida Karbon.

Karbon monoksida, CO merupakan hasil pembakaran yang pertama dikenalpasti sebagai bahan pencemar. Sebahagian CO dihasilkan oleh sumber semulajadi seperti garigali minyak, lombong arang baru, kilat dan pembakaran hutan. Bagaimanapun, sumbangan pencemaran oleh sumber semulajadi ini rendah berbanding kesan dari kegiatan manusia, di mana lebih dari 90% dihasilkan oleh pembakaran dari penjanaan tenaga. Stesen janakuasa bagaimanapun menghasilkan pencemaran yang lebih rendah berbanding sistem tenaga jenis lain. Pembuangan CO hampir keseluruhannya bergantung kepada keadaan semulajadi yang sifatnya tidak dapat dikenalpasti. Pencemaran CO lebih berkaitan dengan penghasilan oleh kenderaan bermotor berbanding sumber lain.

Karbon dioksida, CO₂ lebih berbahaya dan berbeza dari CO, CO₂ lebih banyak dihasilkan oleh stesen janakuasa dan lebih ditekankan disini. Sebab semulajadi seperti pereputan bahan organik lebih banyak menyumbang kepada pencemaran berbanding punca dari kegiatan manusia. Disebalik fakta bahawa sumber dari kegiatan manusia bukan punca utama pencemaran CO₂, peningkatan pembakaran bahan api fosil dari semua punca tenaga semakin diberi perhatian. Tumpuan diberikan kerana kebimbangan penghasilan dari semua sumber ini akan meningkatkan kepekatan CO₂ dalam atmosfera dengan kesan serius kepada bumi memuncak pada kesan rumah hijau.

Disebabkan kesannya kepada kesihatan dan kandungannya yang boleh membawa maut, pemerhatian dan kawalan yang berhati-hati telah diperkenalkan dikebanyakkan loji industri. Aras berbahaya bagi CO boleh terbentuk dalam bangunan di mana kebuk pembakaran dan kolong ekzos tidak ditutup dengan rapi.

2.1.4- Hidrokarbon.

Sumber utama hidrokarbon dalam udara ialah penyejatan larutan dan bahan api serta sebahagian pembakaran bahan api. Jelasnya proses seperti ini memberikan peningkatan dalam julat yang besar bagi kompaun individu dan kerja analitik yang berhati-hati telah menunjukkan aras ukuran sebanyak 200 hidrokarbon dalam sampel udara. Bahan pencemar organik biasanya dirujuk kepada hidrokarbon tidak terbakar adalah sebab dari pembakaran bahan api tidak lengkap. Pembakaran yang tidak lengkap bagi bahan api merendahkan kecekapan pembakaran dan tujuan utama bagi pembakaran dalam kejuruteraan ialah memaksimumkan kecekapan pembakaran dengan meminimumkan pencemaran hidrokarbon. Sebab yang paling biasa bagi pembakaran tidak lengkap ialah kekurangan campuran diantara bahan api, udara dan produk pembakaran. Jika udara dan bahan api boleh bersebati dengan lengkap pada skala-makro dan masa yang mencukupi bagi tindakbalas berlaku, selepas penyebatian pada skalamakro, keseluruhan pembakaran boleh berlaku pada nisbah stoikiometri udara/bahan api. Suhu mestilah sangat tinggi bagi tindakbalas lengkap semasa jangka masa sentuhan antara bahan api dan udara, produk pembakaran membekalkan sumber haba bagi meningkatkan pencampuran udara dan bahan api diatas suhu pencucuhan. Apabila penyebatian yang tidak mencukupi berlaku, lebih banyak udara luar diperlukan bagi melengkapkan pembakaran tersebut. Udara dari luar tersebut akan mengurangkan kecekapan pembakaran berdasarakan penurunan suhu dan peningkatan dalam kehilangan haba. Secara amnya, tujuan meminimumkan pencemaran dan memaksimumkan kecekapan pembakaran diperolehi dengan meningkatkan kecekapan campuran diantara

bahan api, udara dan hasil pembakaran, meningkatkan masa pembakaran dan meminimumkan amaun udara luar yang digunakan.

Sebelum oksida nitrogen dianggap sebagai pencemar utama, pembebasan hidrokarbon dari kebanyakan sistem pembakaran dikurangkan kepada aras yang sangat rendah dengan menggunakan kecekapan campuran dan kecekapan pembakaran yang tinggi diperolehi dengan kemasukan udara luar yang rendah. Dalam sistem ini, aras suhu adalah sangat tinggi menyebabkan pembentukan oksida nitrogen. Tumpuan perhatian terhadap oksida nitrogen sebagai pencemar utama membawa kepada nisbah campuran 'off-stoichiometric', yang menyebabkan penurunan suhu dan pengurangan pembebasan NO_x tetapi dengan pengurangan dalam kecekapan pembakaran. Memenuhi kehendak akta kawalan bagi mengekalkan kedua-dua pembebasan hidrokarbon dan NO_x dibawah had yang dibenarkan hanya akan diperolehi dengan kawalan sepenuhnya bentuk campuran, aras suhu dan taburan masa penetapan seluruh sistem.

2.2- SISTEM TENAGA LAZIM

Terdapat berbagai jenis sistem tenaga lazim yang menggunakan berbagai jenis bahan api untuk menjana tenaga atau kuasa. Sumber utama tenaga dunia adalah hidroelektrik, bahan api nuklear dan bahan api fosil. Sumber lain yang digunakan untuk menjana tenaga adalah tenaga solar, angin, ombak, geoterma dan sistem tenaga yang menggunakan biomas sebagai sumber bahan api untuk menghasilkan tenaga.

Walaupun bagaimanapun, sumber utama tenaga dunia adalah ketiga-tiga yang dinyatakan pada awal bab ini. Bagi tujuan pengkajian aras pencemaran di Malaysia, hanya sistem tenaga yang menggunakan bahan api fosil bagi menghasilkan tenaga di ambil kira. Antara sebabnya ialah stesen janakuasa hiro tidak menghasilkan pencemaran dan stesen janakuasa nuklear tidak terdapat di Malaysia. Kebanyakan stesen janakuasa di Malaysia yang menghasilkan pencemaran terdiri dari stesen janakuasa bahan api fosil. Walaupun penggunaan stesen janakuasa ini agak baru diperkenalkan di Malaysia, ia berkembang dengan cepat dari segi pertambahan bilangannya.

Masalah yang wujud dari stesen janakuasa bahan api fosil ialah mengawal aras atau tahap pencemaran yang memberi kesan kepada alam sekitar. Tiga jenis bahan api fosil yang digunakan sebagai bahan api untuk menjana tenaga di Malaysia ialah Gas Asli, Minyak dan Arang Batu.

Mengikut anggaran pada tahun 1997, jumlah permintaan tenaga di seluruh Malaysia adalah berjumlah sebanyak 6500 MW dengan jumlah kemampuan penjanaan tenaga adalah sebanyak 8400 MW. Daripada jumlah ini, sebanyak 5800 MW tenaga dijana oleh stesen janakuasa menggunakan bahan api fosil di Semenanjung Malaysia.

Dianggarkan pada tahun 2000, jumlah permintaan akan meningkat kepada 10 000 MW dengan jumlah kadar kemampuan penjanaan tenaga berada pada paras 15 000 MW. Berdasarkan kepada simpanan bahan api di Malaysia adalah tinggi berbanding negara lain, penggunaan bahan api tersebut adalah dianggap berbaloi. Jadual 3 menunjukkan simpanan sumber bahan api di Malaysia mengikut anggaran pada 1993.

Bahan Api	Kuantiti
Gas Asli (tidak bersekutu)	491.4 bilion m ³
(bersekutu)	170 bilion m ³
Minyak	2.9 bilion tong
Arang Batu	400 – 500 juta tan

- Jadual 3 – Simpanan bahan api di Malaysia (1993).

2.2.1- Gas Asli.

Gas asli adalah ungkapan yang digunakan bagi campuran yang dominannya gas hidrokarbon yang dijumpai pada sub-permukaan takungan batu. Terdapat dua bentuk gas asli :

- (1)- gas bersekutu, dimana ia merupakan bahagian minyak mentah yang meruap.
- (2)- gas tidak bersekutu, di mana ia tidak berkaitan dengan bendalir minyak dan berkemungkinan dihasilkan dari jirim sayuran.

Bendalir dan gas, walau dalam lapangan bersekutu, tidak perlu dihasilkan dari punca biasa. Perbezaan pergerakan laluan dan proses, mungkin boleh membawa kepada penghapusan takungan batuan yang sama. Darjah pemisahan bergantung bahagian cecair

dan gas yang berkaitan kelikatan petroleum dan keporosan batuan. Gas bersekutu biasanya ditemui dalam bentuk gas menyeliputi strata galas minyak.

Penghasilan gas asli telah meningkat dengan mendadak semenjak sepuluh tahun lalu. Operasi penerokaan semasa tahun 1960-an dan 1970-an telah membawa kepada penemuan bidang gas asli yang besar. Penemuan yang penting dan eksploitasi secara berterusan ke atas simpanan tempatan gas asli telah mengubah bentuk penggunaan tenaga di Malaysia dan juga memberi kesan kepada ekonomi. Kelebihan yang terdapat pada penggunaan gas asli berbanding arang bati dan minyak ialah :

1. kemudahan pengangkutan dari sumber pada tekanan yang tinggi.
2. Pengurangan pembakaran.
3. Kadar pencemaran yang rendah.

Kajian telah membuktikan bahawa simpanan bagi gas asli adalah lebih kurang separuh dari jumlah simpanan minyak. Gas asli secara amnya dijumpai berdekatan tempat carigali minyak dan pemprosesan dan pengangkutan cecair dan gas di lakukan secara berselari memandangkan gas asli biasanya dijumpai pada keadaan dibawah tekanan yang tinggi. Sebahagian dari jumlah gas asli juga dalam sifat cecair dan diangkut dengan darat dan laut.

Risiko menguruskan gas asli cecair adalah sama dengan menguruskan cecair *cyrogenic* mudah terbakar. Tumpahan yang besar dari kapal atau kapal tangki menyebabkan pencemaran sebagai tambahan terhadap tumpahan yang biasanya dikaitkan dengan minyak mentah.

Gas asli cecair dianggap sebagai bahan api bagi enjin, terutamanya kerana kebarangkalian untuk mengurangkan pembebasan bahan pencemar, dan juga

meningkatkan kecekapan tenaga. Negara-negara seperti Amerika, yang mana mengalami kekurangan simpanan gas asli, bahan api tersebut telah dikenal pasti sebagai bahan api premium, disimpan untuk penggunaan yang mempunyai kelebihan yang istimewa. Di Malaysia, sumber dan simpanan bagi gas asli dianggap sangat tinggi berbanding negara lain. Oleh itu, penjanaan tenaga dengan gas asli sebagai bahan api adalah satu kaedah yang ekonomikal.

2.2.2- Arang Batu.

Arang batu merupakan salah satu sumber tenaga yang utama satu ketika dahulu. Ia merupakan salah satu dari bahan api fosil yang memainkan peranan penting dalam penjanaan tenaga dan mencapai kemuncak dari tahun 1920 hingga 1940. Masalah yang wujud berkaitan pelombongan arang batu, ditambah dengan peningkatan kemampuan gas dan minyak, membawa kepada penurunan kepentingan penggunaan arang batu dalam tahun 1950 hingga 1975. Pengenalan terhadap sumber baru bahan api fosil telah menyebabkan pengabaian terhadap kepentingan arang batu, yang dianggap sebagai salah satu dari sumber utama bagi bekalan elektrik. Stesen janakuasa elektrik diubah dari penggunaan arang batu sebagai bahan api kepada pembakaran minyak sebagai bahan api semasa tahun 1950 hingga 1970. Dan sehingga baru-baru ini, stesen janakuasa tersebut ditukar kembali kepada penjanaan arang batu sebagai sumber kuasa.

Arang batu merupakan sumber tenaga yang paling banyak. Pada kadar penggunaan sekarang, simpanan arang batu cukup untuk bertahan sehingga lebih dari satu abad. Sama seperti bahan api yang lain, kandungan simpanan yang dibuktikan bagi menganggar

jumlah sumber adalah meningkat secara malar disebabkan penerokaan berterusan dilakukan dan data geologikal yang lebih baik diperolehi.

Sistem tenaga arang batu mempunyai beberapa langkah termasuk pengekstrakan, pemprosesan dan pembakaran. Pengekstrakan arang batu dilakukan samada di permukaan atau pelombongan di bawah tanah. Pelombongan di bawah tanah dianggap sebagai salah satu daripada pekerjaan yang berisiko berdasarkan api dan letupan. Pelombongan arang batu di permukaan adalah lebih lazim berbanding pelombongan bawah tanah. Pelombongan jalur mempunyai beberapa kesan terhadap alam sekitar, kedua-dua mempunyai kesan terus dari pembuangan arang batu dan pembersihan serta proses pengasingan. Arang batu yang telah diekstrak biasanya akan diproses untuk membuang sebahagian dari kandungan bendasing. Semasa pembersihan, lebih kurang 24% dari hasil mentah pelombongan akan diabaikan dan separuh darinya merupakan arang batu.

Kebanyakan arang batu digunakan untuk menghasilkan tenaga elektrik. Arang batu yang hancur akan dibakar dalam dandang di mana wap akan dijana pada suhu dan tekanan yang tinggi. Wap bertekanan tinggi akan melalui turbin wap, di mana tenaga haba akan ditukar kepada tenaga mekanikal berputar. Turbin wap akan menjana pengulang-alik (alternator) untuk menjana a.c elektrik. Kecekapan termodinamik bagi sistem akan ditingkatkan dengan mengembangkan wap kepada vakum rendah dimana ia akan dipeluhwap untuk digunakan semula dalam dandang. Hampir separuh dari jumlah tenaga haba yang diperolehi dari wap akan hilang kepada persekitaran melalui kuantiti air penyejukan yang besar yang digunakan dalam proses pemeluhwapan. Pada keadaan sekarang, penggunaan dandang dibawah operasi satu unit adalah bersaiz maksimum 600MW bagi arang batu coklat (brown coal) dan 700- 1300MW bagi arang batu

berbitumin. Piawai teknikal yang tinggi digambarkan dari fakta bahawa stesen beban tapak adalah lebih 90% dengan kecekapan keseluruhan menghampiri 40% bagi arang batu berbitumin dan 37% bagi arang batu berkalori rendah, seperti arang batu coklat. Penggunaan arang batu bagi penjanaan elektrik merupakan teknik atau kaedah yang dibangunkan dengan baik yang membekalkan bentuk paling pelbagai bagi tenaga sekunder yang boleh didapati dimana sahaja, pada bila-bila masa dan kepada pelanggan. Elektrik dihasilkan dalam keadaan boleh harap, selamat dan kaedah ekonomikal, yang mana secara amnya diterima dengan baik oleh masyarakat.

Kesan persekitaran bagi penggunaan arang batu dalam penjanaan elektrik meningkat semasa sebelum pembakaran, semasa pembakaran dan peringkat-peringkat turbin wap. Pengurusan dan penyimpanan arang batu di stesen janakuasa menyebabkan timbulnya masalah dengan habuk dari arang batu. Ini sebahagiannya diselesaikan dengan menutup seluruh bekalan arang batu dan membuat lapisan dan pemampatan arang batu. Pembakaran arang batu menyebabkan penghasilan abu dan jermang (slag). Bahan buangan ini boleh digunakan untuk menghasilkan bahan bangunan dan abu boleh digunakan sebagai agregat dalam pembinaan jalan raya. Pengawalan aras pencemaran NO_x dan SO_x daripada sistem tenaga yang menggunakan arang batu sebagai bahan api akan dibincangkan kemudian dalam laporan ini.

2.2.3- Minyak .

Minyak telah dibuktikan sebagai salah satu dari bahan api fosil yang pelbagai, dalam bidang pengangkutan ia mempunyai banyak kelebihan terhadap sistem alternatif. Banyak pembangunan telah dibuat bagi membaikpulih minyak mentah bagi

menghasilkan produk yang boleh digunakan secara meluas daripada gas hidrokarbon paling ringan kepada baki minyak bahan api yang berat. Penerokaan dan pembangunan di kebanyakan kawasan yang mempunyai minyak di dunia adalah tidak begitu maju berbanding Amerika Syarikat. Berbanding dengan jenis bahan api yang lain, minyak hanya menyumbang sekitar 2.5% penghasilan tenaga dan hanya sedikit yang digunakan sebagai bahan api untuk menghasilkan tenaga.

Pemilihan bagi produk petroleum yang tertentu bagi pembakar yang praktikal ditentukan oleh isipadu pembakaran, tekanan dan suhu. Kos bagi bahan api dan kesukaran menguruskan partikel-partikel juga diambil kira. Penerokaan yang utama diambil kira di kawasan luar pantai dan perlindungan luar kontinental, yang menuju kepada penemuan simpanan minyak yang besar. Simpanan di Asia menyumbang sebanyak 59% dari jumlah simpanan dunia dan Malaysia merupakan pengeksport utama minyak mentah dunia.

Minyak syal (shale oil) yang mengandungi bahan berkarbon yang tinggi dan boleh mencapai 33% bahan organik, minyak dihasilkan dengan pemanasan dalam retork khas untuk menukar kepada petroleum mentah. Masalah pencemaran utama dari pembakaran minyak seperti pemeringkatan udara dan kitaran gas serombong.

3.0 – KAJIAN KES.

3.1- LOKASI STESEN JANAKUASA DI SEMENANJUNG MALAYSIA.



3.2- PERINCIAN STESEN JANAKUASA KAJIAN.

Stesen janakuasa Lumut, Perak.

Jenis Bahan Api : Gas Asli

Bil. Turbin : 6 (2 blok dengan 3 turbin setiap satu)

Kuasa Bagi Setiap Turbin :

Maksimum : 220 MW

Keluaran Harian ; 100-140 MW

Penjanaan Kuasa Oleh Loji :

Maksimum : 1300 MW

Keluaran Harian : 600-700 MW

Stesen janakuasa Kapar, Selangor.

Jenis Bahan Api : Arang Batu- *Brown Coal*

Bil. Turbin ; 3 turbin gas

3 turbin wap

Kuasa Bagi Setiap Turbin :

Turbin Gas :

Maksimum : 225 MW

Keluaran Harian : 150-180 MW

Turbin Wap ;

Maksimum : 200 MW

Keluaran Harian : 90-110 MW

Penjanaan Kuasa Oleh Loji :

Maksimum : 1000 MW

Keluaran Harian : 540-700 MW

Stesen Janakuasa Seberang Prai, Pulau Pinang.

Jenis Bahan Api : Minyak

Bil. Turbin : 6 turbin lazim.

2 turbin gas – 15 MW

Kuasa Bagi Turbin :

Maksimum : 125 MW

Keluaran Harian : 95 – 115 MW

Kuasa Keluaran Loji :

Maksimum : 700 MW

Keluaran Harian : 300-500 MW