

**PENGARUH KADAR KEROSIN DALAM PREMIUM DAN USIA
MESIN TERHADAP KADAR GAS CO HASIL PEMBAKARAN
PADA KENDARAAN BERMOTOR**

Ketua Peneliti :

Drs. Faidur Rochman, MS.

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : SUDR-ADB LOAN No.1013 - ING

Kontrak : 1059/VL.3/AC.CON/VIII/95

Nomor Urut : 13

SELESAI

PENGARUH KADAR KEROSIN DALAM PREMIUM DAN USIA MESIN TERHADAP KADAR GAS CO HASIL PEMBAKARAN PADA KENDARAAN BERMOTOR



Ketua Peneliti :

Drs. Faidur Rochman, MS.

3000217973141-9



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : SUDR-ADB LOAN No.1013 - INO
Kontrak : 1059/VI.3/AC.CON/VIII/95
Nomor Urut : 13





IP. PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
 DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
LEMBAGA PENELITIAN

- 1. Puslit dan Pembangunan Regional
- 2. Puslit Obal Tradisional
- 3. Puslit Pengembangan Hukum

- 4. Puslit Lingkungan Hidup
- 5. Puslit dan Pengembangan Gizi
- 6. Puslit/Studi Wanita
- 7. Puslit Olahraga

- 8. Puslit Kependudukan dan Pembangunan
- 9. Puslit Bioenergi
- 10. Puslit/Studi Kesehatan Reproduksi

Jl. Darmawangsa Dalam No. 2 Telp. (031) 42322 Fax. (031) 42322 Surabaya 60286

IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Efek kadar kerosin dalam premium dan umur mesin terhadap produksi Gas CO kendaraan bermotor

b. Macam Penelitian : () Fundamental, (v) Terapan, (V) Pengembangan

c. Kategori Penelitian : (V) I () II () III

2. Kepala Proyek Penelitian

a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Drs. Faidur Rochman, MS.

b. Jenis Kelamin : Laki-laki

c. Pangkat/Golongan dan NIP : penata / IIIc / 151 406 061

d. Jabatan Sekarang : Lektor Muda / Kalab. Kimia Fisik

e. Fakultas / Jurusan : MIPA / Kimia

f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga

g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Kimia Fisik/Kimia Permukaan

3. Jumlah Tim Peneliti : 3 orang

4. Lokasi Penelitian : Lab. Kimia Fisik FMIPA Unair

5. Berjasama dengan Instansi Lain

a. Nama Instansi :

b. Alamat :

6. Jangka Waktu Penelitian : 8 bulan 3000217973141

7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 6.600.000,-

8. Seminar Hasil Penelitian :

a. Dilaksanakan Tanggal : 7 Mei 1996

b. Hasil Penilaian : ~~() Amat Baik~~ ~~() Baik~~
 (V) Sedang () Kurang

Surabaya, 18 April 1996

Mengetahui :
 Dekan Fakultas

Drs. Hartono, S.Sc.



Kepala Proyek Penelitian,

Drs. Faidur Rochman, MS.

NIP. 151 406 061

Mengetahui :
 Ketua Lembaga Penelitian,

LAPORAN PENELITIAN

PENGARUH KADAR KEKOSINOLIN Laini
 NIP. 130 355 372

Faidur Rochman

PENGARUH KADAR KEROSIN DALAM PREMIUM DAN USIA MESIN TERHADAP KADAR GAS CO HASIL PEMBAKARAN PADA KENDARAAN BERMOTOR (Faidur Rochman,Suyanto,dan Imam Siswanto. 1996; 44 halaman)

Dalam penelitian ini dicari korelasi antara kadar kerosin dalam premium, umur mesin kendaraan bermotor, kilometer pemakaian, volume gas dan sistem langkah pembakaran terhadap produksi gas CO kendaraan bermotor.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui besarnya gas CO yang ditimbulkan oleh adanya kerosin yang dicampurkan pada premium sebagai bahan bakar yang dipakai oleh kendaraan bermotor serta pengaruh tuanya usia mesin.

Penelitian kadar gas CO menggunakan alat NDIR CO gas Analyzer dan gas CO tersebut diambil dari knalpot kendaraan bermotor roda dua dari empat merek yaitu Honda, Yamaha, Suzuki dan Vespa. Sampling dilakukan pada bengkel resmi kendaraan bermotor yang bersagkutan dan diambil gasnya setelah diservis.

Premium yang digunakan adalah premium murni yang diperoleh dari DEPOT Pertamina Unit Pemasaran V, Surabaya. Kemudian dibuat campuran dengan kerosin dengan kadar kerosin dalam premium yang divariasi dari 0% s.d. 20%. Setelah diisi ke dalam kendaraan bermotor, motor dihidupkan pada posisi volume gas tertentu. Kemudian gas CO yang keluar dari knalpot ditampung pada bola plastik yang bervolume 10 liter, dan hanya 1 ml yang dibutuhkan untuk analisis menggunakan NDIR CO gas Analyzer.

Untuk menganalisis korelasi antara kadar kerosin dalam premium, volume gas, umur mesin dan kilometer pemakaian terhadap kadar gas CO, digunakan uji korelasi ($=r$), sedangkan untuk menguji populasi sampling yang dilakukan pada bengkel resmi masing-masing merek kendaraan digunakan analisis varian dua arah *Kruskal-Wallis*.

Adapun untuk tujuan membandingkan besar kecilnya gas CO yang dikeluarkan antara motor 2-langkah dengan motor 4-langkah digunakan tes dua sampel *Kolmogorov-Smirnov*.

Hasilnya didapat bahwa : (1) Kadar kerosin dalam premium yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, tidak menaikkan kadar gas CO, (2) Volume gas kendaraan bermotor yang dibesarkan, menyebabkan peningkatan kadar gas CO, (3) Usia mesin tidak dapat dijadikan patokan untuk menentukan besar kecilnya kadar gas CO yang yang diproduksi, tetapi kilometer pemakaian dapat, (4) Motor 4-langkah tidak selalu mengeluarkan gas CO lebih sedikit dibanding motor 2-langkah.

Adalah perlu penelitian ini ditindak lanjuti untuk menentukan kontribusi gas CO dari sektor transportasi di seluruh wilayah Nusantara, karena data tersebut menjadi bahan pertimbangan bagi kebijaksanaan pemerrintah dalam mengurangi polusi udara terutama gas CO.

(L.P. Fakultas Matematika & I. Pengetahuan Alam
Universitas Airlangga; 1059/VI.3/AC-CON/VIII/95,
25 Agustus 1995)

THE EFFECT OF KEROSENE CONCENTRATION IN PREMIUM AND ENGINE AGE TO THE CO GAS CONCENTRATION PRODUCED BY COMBUSTION IN MOTOR CYCLE

(Faidur Rochman, Suyanto and Imam Siswanto, 1996, 44 pages)

The correlation between kerosene concentration in premium, vehicle's engine age, kilometres of usage, gas volume and combustion tag system with CO produced by vehicles was found in this research.

The objective of this research was to know the amount of CO produced with the present of kerosene mixed with premium as fuel used in vehicle and also the effect of engine age.

Determination of CO concentration used NDIR CO gas analyser and the gas was collected from that produced by 4 trade mark motor cycle namely, Honda, Yamaha, Suzuki and Vespa. Sampling was done on authorised service centre and the gas was collected after all motor cycle samples had just been serviced.

Premium used here is pure premium found from DEPOT Pertamina Unit Pemasaran V, Surabaya. The mixture of that with kerosene was made with variation of kerosene concentration in premium between 0% up to 20%. After filled with the mixture, motor was turned on with certain position of gas volume. CO gas deposited was collected in 10 litres plastic bail and only 1 ml of that was needed for analyse using NDIR CO gas analyser.

The correlation between kerosene concentration in premium, gas volume, engine age and kilometres usage with CO gas concentration was analysed using correlation test ($=r$), while sample population test using two way variance analyse Kruskal-Wallis. And to compare the volume of CO gas produced by 2 tag motor with that by 4 tag motor, Kolmogorov-Smirnov two samples test was used here.

The Results are : (1) Kerosene concentration in premium used as motor cycle fuel did not increase CO gas concentration, (2) CO gas concentration increased as gas volume of motor cycle was increased, (3) engine age could not been used as a reference to determine the CO gas that's produced but kilometres usage could, (4) 4 tag motors do not always produce less CO gas than 2 tag motors.

It is necessary to follow up this research to determine the contribution of CO gas from transportation sector in whole Nusantara, because such data can be used as a reference to make policy in order to reduce air pollution especially CO gas.

(Rest.Inst. Faculty of Matematic and Natural Science
Airlangga University; 1059/VI.3/AC-CON/VIII/95,
Agustus 25, 1995)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, berkat rahmat dan petunjuk-Nya, penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada ;

1. Direktur LPIU dan CPIU SUDR-ADB yang telah mendanai penelitian ini sehingga dapat terselesaikan tepat waktu.
2. Direktur Lembaga Penelitian Universitas Airlangga yang telah banyak memberikan informasi baik dalam tahap seleksi maupun dalam tahap pembuatan laporan.
3. Dekan FMIPA Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian lewat dana SUDR-ADB ini.
4. Semua pihak yang mendukung kelancaran penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi upaya pelestarian lingkungan terutama dalam menangani polutan gas CO.

Surabaya, 27 April 1996

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Ringkasan	iii
Summary	v
Kata pengantar	vii
Daftar isi	viii
Daftar tabel	xi
Daftar gambar	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang masalah	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Hipotesis	2
1.4. Tujuan penelitian	3
1.5. Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pencemaran udara	4
2.2. Bahan bakar minyak (BBM)	5
2.3. Kendaraan bermotor	7
2.4. Efek gas CO bagi kesehatan	10
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Bahan dan alat	12
3.2. Variabel penelitian	13
3.3. Definisi operasional	13
3.4. Prosedur penelitian	14

3.4.1. Pengaruh kadar kerosin dalam premium terhadap kadar gas CO	14
3.4.2. Pengaruh umur mesin terhadap kadar gas CO	16
3.4.3. Pengaruh tipe mesin terhadap kadar gas CO	16
3.5. Analisis statistik	17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh kadar kerosin dalam premium terhadap kadar gas CO	18
4.2. Pengaruh debit/posisi gas terhadap kadar gas CO	24
4.3. Pengaruh umur mesin terhadap kadar gas CO	28
4.4. Pengaruh kilometer pemakaian terhadap kadar gas CO	30
4.5. Perbandingan debit gas CO antara motor 4 langkah dengan motor 2 langkah	33
4.5.1. Uji populasi dari 4 merek motor yang disampling	35
4.5.2. Uji kualitas antara motor 4langkah dengan 2 langkah	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
Daftar Pustaka	43
Lampiran	

DAFTAR TABEL

TABEL	Nama Tabel	Halaman
Tabel I	: Data estimasi polutan udara di USA tahun 1982	4
Tabel II	: Daftar nilai ambang batas untuk beberapa polutan udara	5
Tabel III	: Data prosentase konsumsi BBM menurut jenisnya	6
Tabel IV	: Data jenis konsumen dan prosen- tase konsumsi BBM di Indonesia	7
Tabel V	: Efek gas CO bagi tubuh dan ting- tingkat keracunannya	11
Tabel VI	: Pengaruh kadar kerosin dalam pre- mium terhadap kadar gas CO	18
Tabel VII	: Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO untuk posisi gas 1400 rpm	20
Tabel VIII	: Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO pada posisi gas 2500 rpm	21
Tabel IX	: Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO pada posisi gas 3000 rpm	22

Tabel X : Harga r_{hitung} dan r_{tabel} untuk beberapa posisi gas	23
Tabel XI : Data uji korelasi antara volume (posisi) gas dengan kadar gas CO	25
Tabel XII: Pengaruh umur terhadap kadar gas CO hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor	27
Tabel XIII: Data uji korelasi antara umur mesin dengan kadar gas CO	29
Tabel XIV : Data hubungan antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO	30
Tabel XV : Data uji korelasi antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO	32
Tabel XVI: Data kadar gas CO dari gas buang 4 merek motor bebek kelaran tahun 1995	33
Tabel XVII: Data kadar gas CO untuk menghitung harga R_j 4 merek motor menggunakan metode Kurskal-Wallis	35
Tabel XVIII: Data kadar gas CO untuk perhitungan K_p pada tes dua sampel Kosmogorov-Smirnov antara motor C dengan motor A	37

Tabel XIX : Data kadar gas CO untuk perhitungan K_D pada tes dua sampel Kosmogorov-Smirnov antara motor C dengan motor B	38
Tabel XX : Data kadar gas CO untuk perhitungan K_D pada tes dua sampel Kosmogorov-Smirnov antara motor C dengan motor D	39
Tabel XXI: Data perbandingan harga KD antara tara motor C dengan motor A; motor B dan motor D	40
Tabel XXII: Angka banding antara kadar gas CO rata-rata dengan harga K_D dari 4 merek motor bebek th. 1995	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar-1	: Bagan ruang bakar kendaraan bermotor	8
Gambar-2	: Grafik hubungan antara pengaruh kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO untuk berbagai posisi gas	19
Gambar-3	: Grafik hubungan antara posisi gas dengan kadar gas CO	24
Gambar-4	: Kurva hubungan antara umur mesin dengan kadar gas CO	28
Gambar-5	: Grafik hubungan antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO	31
Gambar-6	: Kurva batang untuk kadar gas CO rata-rata dari keempat merek motor	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pencemaran atmosfer bumi semakin meningkat selaras dengan peningkatan aktivitas industri dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor yang berkeliaran di jalan raya pada tahun 1995 sekitar 1 milyar dan 30 persen dari padanya tergolong bermesin tua (Jawa Pos, 5-1-1995).

Gas buang kendaraan bermotor yang cukup berbahaya adalah gas CO. Peningkatan polutan gas CO juga didukung oleh ketidak sempurnaan hasil pembakaran di ruang bakar mesin. Dua faktor utama yang menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran adalah : (1) ketidak murnian bahan bakar, (2) makin tuanya usia mesin.

Kasus pemalsuan premium maupun solar yang dicampur dengan kerosin yang sempat dimuat di media massa memberikan gambaran bahwa pengaruh ketidakmurnian bahan bakar terhadap hasil pembakaran perlu diteliti, terutama berkaitan dengan debit polutan gas CO-nya.

Gas CO yang terhirup dalam paru-paru akan bereaksi dengan hemoglobin membentuk CO-hemoglobin yang tak mampu lagi membawa oksigen yang diperlukan oleh tubuh. Ini dapat mengakibatkan ancaman kesehatan yang cukup serius.

1.2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana hubungan antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor ?
- b. Bagaimana hubungan antara umur mesin dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor ?
- c. Adakah koelasi antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor ?
- d. Adakah korelasi antara volume gas kendaraan bermotor dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor ?
- e. Apakah motor 4-langkah mengeluarkan gas CO lebih sedikit dibanding motor 2-langkah ?

1.3. Hipotesis

- Ha₁ : Ada hubungan linier antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO hasil pembakaran kendaraan bermotor,
- Ha₂ : Ada hubungan linier antara Volume gas kendaraan bermotor dengan kadar gas CO hasil pembakaran kendaraan bermotor,
- Ha₃ : Ada hubungan korelasi antara umur mesin dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor,

- Ha₄ : Ada korelasi antara kilometer pemakaian motor dengan kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor,
- Ha₅ : Sampel-sampel dari 4 merek motor bebek yang diambil dari bengkel resmi motor tersebut sepopulasi
- Ha₆ : Motor bebek 4 langkah mengeluarkan gas CO lebih sedikit dibanding motor 2 langkah

1.4. Tujuan Penelitian

Menentukan besarnya gas CO yang ditimbulkan oleh adanya kerosin yang dicampurkan pada premium sebagai bahan bakar yang dipakai oleh kendaraan bermotor dan usia mesin kendaraan bermotor.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Memberi masukan kepada pemerintah dalam menata lingkungan yang sehat khusus dari cemaran udara oleh polutan gas CO.
- b. Memberi masukan kepada Pertamina agar melindungi konsumen pengguna BBM produksinya oleh adanya pemalsuan BBM untuk bahan bakar kendaraan bermotor.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara :

Atmosfer bumi terdiri dari molekul gas yang mempunyai sifat fisika dan kimia spesifik. Volume gas tersebut tiap tahun selalu bertambah serta diwarnai oleh berbagai jenis polutan. Ini diakibatkan terutama oleh peningkatan aktivitas industri dan peningkatan volume transportasi.

Polusi udara umumnya terdiri atas gas CO, SO₂, NO, NO₂, uap organik serta partikel debu. Gas tersebut dapat menimbulkan hujan asam, efek rumah kaca maupun terkoyaknya lapisan ozon. (1) Sejarah mencatat terjadinya London Smoke pada tanggal 5 - 9 Desember 1952 dimana lebih dari 4000 orang meninggal (Mezzaros, 1981).

Kenaikan polutan di udara seiring dengan kenaikan urbanisasi, industrialisasi dan transportasi. Jenis polutan dan sumbernya dapat dilihat pada tabel I

Tabel I Estimasi polutan udara di USA tahun 1982 (Juta ton/th) (Anonim, 1986)

Sumber polutan Gas	gas CO	Gas HO ₂	Gas NO	Seny. HK	Total
Transportasi	57,9	0,8	6,6	10,5	77,1
Pembakaran minyak pada sumber statis	-	19,3	-	10	32,1
Industri	6,1	3,3	8,0	-	19,6
Lain-lain	16,5	-	3,3	1,1	22,2
Total	80,5	23,4	17,9	21,6	151,3

Tabel I menunjukkan bahwa polutan yang berasal dari transportasi memberikan kontribusi terbesar (51%).

Masing-masing polutan atmosfer memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) tertentu. Harga NAB untuk beberapa polutan dapat dilihat pada tabel-II di bawah ini : (Mezzaros,E, 1981)

Tabel II Nilai Ambang Batas untuk beberapa polutan

Jenis polutan	Waktu kontak	Nilai ambang batas
SO ₂	24 jam	0,14 ppm
debu	24 jam	260 ug/m ³
CO	8 jam	9 ppm
	1 jam	35 ppm
Ozon	1 jam	0,12 ppm
hidrokarbon	3 jam	0,24 ppm
NO	rata-rata	1,5 ug/m ³
Pb	rata-rata	0,05 ppm

Meskipun NAB gas CO cukup besar, namun meningkatnya volume kendaraan bermotor secara terus menerus, maka pencemaran oleh gas CO dapat menimbulkan masalah kesehatan yang cukup serius.

2.2. Bahan Bakar Minyak (BBM)

Perekonomian di Indonesia sedikit banyak masih dipengaruhi oleh pasang-surutnya produksi minyak bumi yang dikelola oleh Pertamina. Usaha peningkatan produksinya dilakukan lewat pengeboran areal cekungan

tambang minyak mentah yang ada maupun cekungan yang baru. Pada tahun 1950 terdapat 12 areal cekungan minyak bumi, kemudian meningkat menjadi 40 cekungan pada tahun 1980. Sekarang jumlah cekungan yang diketemukan mencapai 60 buah. Namun yang memproduksi baru 16 cekungan, yang meliputi 250 lapangan dengan produksi sekitar 426 juta barrel/tahun. (5)

Jenis BBM yang diproduksi oleh Pertamina dan prosentase kebutuhannya dapat dilihat pada tabel-III.

Tabel-III Harga prosentase konsumsi BBM menurut jenis bahan bakarnya (Mertani,B.,1987)

Jenis BBM	Konsumsi tahun 1984	Konsumsi tahun 1989
Minyak solar	30,63 %	34,99 %
Minyak tanah	28,80 %	25,81 %
Premium (bensin)	15,67 %	18,04 %
Minyak bakar	15,05 %	11,29 %
Minyak disel	6,46 %	5,34 %
Avtur	2,70 %	3,24 %
Super 98	0,33 %	1,25 %
Avgas	0,05 %	0,03 %
Total	100 %	100 %

Dari tabel-III jelas bahwa ada peningkatan konsumsi bensin dan minyak solar yang keduanya berkaitan langsung dengan peningkatan konsumsi BBM untuk kendaraan bermotor.

Pada tahun 1986, konsumsi bensin sebanyak 24,5 - 26 juta barel/tahun atau sekitar 16 persen dari kebutuhan minyak di negara kita. Di tahun 1992, angka tersebut naik menjadi 29 juta barel, atau sekitar 19 persen dari konsumsi total BBM di Indonesia. (Hirwan Efendi, 1990)

Jenis konsumen dan jumlah kebutuhan BBM sangat bervariasi. Namun yang jelas konsumsi tertinggi dipegang oleh SPBU dan keagenan (mencapai 60 %). Data lengkapnya dapat dilihat pada tabel-IV.

Tabel-IV. Jenis konsumen dan prosentase konsumsi BBM di Indonesia (9) (Jasfi, E., 1992)

Jenis Konsumen	Konsumsi tahun 1984	Konsumsi tahun 1989
SPBU & dealer	55,18 %	58,20 %
PLN	12,86 %	11,86 %
Hasil tambang	5,58 %	3,32 %
Tekstil	3,35 %	3,13 %
Pertambangan	3,20 %	2,12 %
Pertanian	3,05 %	3,72 %
Penerbangan	2,14 %	2,12 %
Angkutan air	2,01 %	2,56 %

2.3. Kendaraan Bermotor

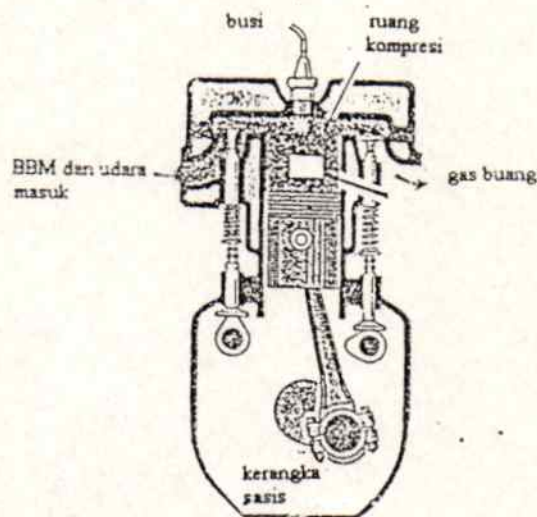
Ada tiga tipe sumber energi penggerak kendaraan bermotor, yaitu :

- a. energi baterai,

- b. energi pembakaran internal (premium atau solar),
- c. mesin uap.

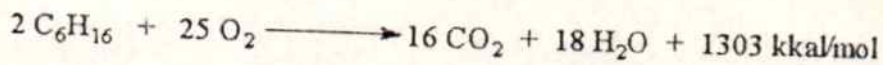
Tipe pertama banyak dikembangkan terutama menggunakan energi surya yang cukup aman bagi lingkungan. Tipe ke dua yang paling banyak dipakai, karena BBM mudah didapat dan relatif lebih murah. Tipe ke tiga sudah banyak ditinggalkan orang, hanya masih dipergunakan pada kapal laut.

Mesin premium membakar BBM bersama udara di ruang bakar mesin (Gambar 1), yang disulut oleh bunga api tegangan tinggi dari busi. Ketepatan saat penyalaan dengan saat membukanya kelep bahan bakar adalah hal yang amat penting dalam pembakaran. (John,M. M.,1987)

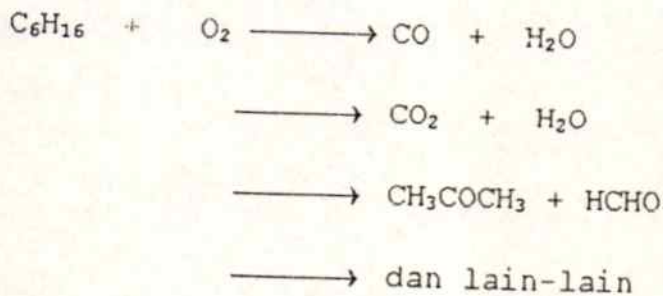


Gambar 1. Bagan ruang bakar kendaraan bermotor

Persamaan reaksi pembakaran petroleum adalah sebagai berikut :



Namun, jika pembakarannya tidak sempurna, akan menghasilkan gas CO atau senyawa organik lainnya.



Pembakaran yang kekurangan oksigen menjadikan pembakaran tidak sempurna dan selalu menghadirkan gas CO lebih banyak. Menurut penelitian, untuk tiap galon bensin yang dibakar, akan dilepaskan 2300 pound gas CO. Pada lalulintas yang ramai, gas CO dapat mencapai diatas 50 ppm. (Pollawagan, L. P., 1993)

Upaya untuk memperkecil produksi gas CO adalah dengan mengatur perbandingan BBM dengan udara sebesar 1 : 15. Namun, terlalu banyak udara akan menghasilkan nitrooksida lebih banyak.



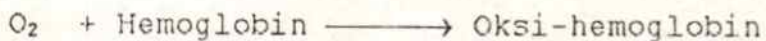
Oleh karena itu persoalannya menjadi dilematis. Jika oksigennya sedikit, akan diproduksi gas CO yang banyak,

sedangkan jika udaranya cukup banyak, gas CO yang dihasilkan sedikit, namun akan diproduksi gas nitrooksida yang besar (Wayne,A. P.,1986)

Di samping gas CO dan NO, adalagi bahan cemaran lainnya yang diproduksi dari gas buang kendaraan bermotor yaitu PbO. Polutan tersebut berasal dari Tetra Ethyl Lead (=TEL) yang ditambahkan ke dalam BBM sebagai bahan anti knock. (13)

2.4. Efek Gas CO bagi Kesehatan

Interferensi gas CO dengan hemoglobin membentuk karboksihemoglobin yang sangat stabil. Senyawa ini sudah tidak mampu lagi membawa oksigen yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Berbeda dengan hemoglobin sendiri. Ia dapat bereaksi dengan oksigen membentuk oksihemoglobin yang tidak stabil. Dengan demikian oksigen mudah dilepas ke dalam sel-sel tubuh untuk proses metabolisme. (14)



Jadi hemoglobin berperanan sebagai transpot oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh. Jika ada gas CO terhirup lewat paru, hemoglobin tersebut tidak mampu lagi menjalankan fungsinya sebagai pembawa oksigen bagi tubuh. Darah orang normal mengandung sampai 5 % HbCO. Kadar CO

tersebut baru mempengaruhi kesehatan setelah mengandung HbCO sebesar 17% ke atas.

Pengaruh kadar HbCO terhadap tubuh dapat dilihat pada tabel-V di bawah ini.

Tabel-V Efek gas CO bagi tubuh dan tingkat keracunannya (Odum,E.P., 1983)

Konsentrasi gas CO di udara	% HbCO dalam darah	Efek dalam 1 jam
100 ppm (0,01 %)	17	capek dan lemas
200 ppm (0,02 %)	20	agak pusing dan kulit agak memerah
1000 ppm (0,10 %)	60	pusing dan kulit memerah
10.000 ppm (1,00 %)	90	akut

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan-bahan

premium murni (dari DEPOT Pertamina)

kerosin

busi kendaraan bermotor

3.1.2. Alat-alat

NDIR CO Gas Analyzer Merek : Horiba
Tipe : ES-510

Tachometer Merek : Opama
Tipe : DET-610

kendaraan bermotor roda dua

Merek : Honda
 Yamaha
 Suzuki
 Vespa

balon plastik volume 10 liter

selang plastik

selang bensin

spet injektor volume 1 ml

buret

labu takar

pipet volume



pro-pipet

3.2. Variabel Penelitian

Variabel bebas :

- a. kadar kerosin dalam premium
- b. debit gas buang kendaraan bermotor
- c. umur mesin
- d. kilometer pemakaian

Variabel terikat

- kadar gas CO

3.3. Definisi Operasional

a. kendaraan bermotor

: adalah kendaraan bermotor bebek roda dua

b. kadar kerosin dalam premium

: adalah ml kerosin/ml premium x 100%

c. debit gas buang

: adalah volume gas buang/waktu

(satuan : rpm)

d. umur mesin

: adalah selisih antara tahun sekarang (1996)
dengan tahun pembelian

e. kadar gas CO

: adalah kadar polutan gas CO dalam ppm

- f. Kilometer pemakaian
 - : adalah angka yang tertera pada speedometer
- g. Gas normal
 - : Posisi gas pada kendaraan bermotor pada keadaan tanpa digas (kabel gas tidak ditarik)

3.4. Prosedur Penelitian :

3.4.1. Pengaruh kerosin dalam premium terhadap gas CO

- a. dibuat larutan campuran kerosin dalam premium dengan konsentrasi yang divariasi antara 0% s.d. 20 % (V/V)
- b. dilakukan servis kendaraan bermotor yang meliputi :
 - 1. *tune up*,
 - 2. penggantian oli dan busi
 - 3. penyetelan gas hingga flu gas memberikan harga 1400 rpm untuk gas normal
- c. dilakukan penggantian bahan bakar dimulai dengan premium murni, dilanjutkan dengan premium dengan kadar

kerosin terendah (1 %) sampai kadar tertinggi (20%).

Cara penggantian bahan bakar adalah sebagai berikut :

Bahan bakar pada karburator dikosongkan, kemudian pipa bensin yang menuju tangki disumbat. Karburator dibilas dengan bensin yang akan dianalisis sebanyak 20 ml. Selanjutnya karburator diisi sampai penuh dengan bahan bakar yang akan dianalisis

- d. Motor dihidupkan dengan posisi gas normal dan dibiarkan hidup selama 2 menit, lalu dipasangkan pipa pada ujung knalpot.
- e. Gas buang ditangkap dengan balon plastik sampai hampir penuh. Setelah selesai motor dimatikan.
- f. Prosedur (d) dan (e) diulangi dengan gas pada debit 2500 dan 3000 rpm.
- g. Kadar CO dianalisis dengan menyuntikkan 1 ml sampel gas ke dalam NDIR gas analyzer dengan replika tiga kali.

3.4.2. Pengaruh umur mesin terhadap kadar gas CO

- a. Dilakukan sampling kendaraan bermotor dari th. 1991 s.d.th.1995, masing-masing sebanyak 5 buah di bengkel resmi kendaraan bermotor (untuk Honda dalam hal ini adalah AHASS).
Dicatat juga kilometer pemakaiannya.
- b. Dilakukan servis kendaraan bermotor yang meliputi :
 1. *tune up* ,
 2. penggantian busi,
 3. penggantian bahan bakar dengan premium murni.
 4. penyetelan gas pada posisi normal (1400 rpm) .
- c. Dilakukan penangkapan gas CO dengan balon plastik dan disuntikkan ke dalam NDIR gas analyzer.

3.4.3. Pengaruh oli samping terhadap kadar gas CO

- a. Dilakukan sampling kendaraan bermotor untuk empat jenis motor roda dua yaitu Honda, Yamaha, Suzuki dan Vespa di

bengkel resmi masing-masing. Tiap jenis/merek disampling 5 buah.

- b. Selanjutnya dilakukan servis, pengambilan gas buang dan analisis gas CO seperti percobaan No. 3.4.2.

3.5. Analisis Statistik

- a. Untuk menjawab tiga hipotesis yaitu H_{a1} ; H_{a2} ; H_{a3} dan H_{a4} dilakukan uji korelasi ($=r$),
- b. Untuk menjawab hipotesis H_{a5} digunakan analisis varian satu arah *Kruskal-Wallis*,
- c. Untuk menjawab hipotesis H_{a6} digunakan tes dua sampel dari *Kolmogorov-Smirnov*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh kadar kerosin dalam premium terhadap kadar gas CO dari gas buang kendaraan bermotor

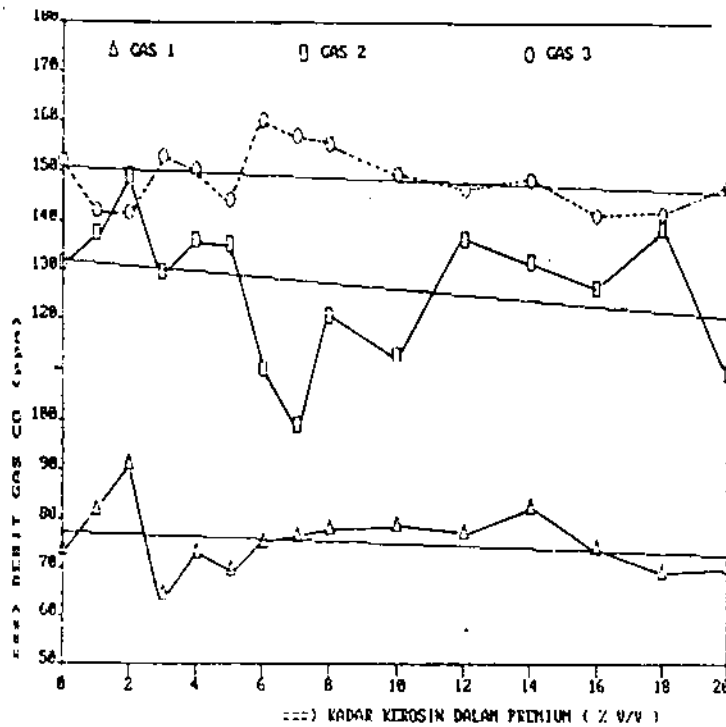
Kadar gas CO untuk berbagai kadar kerosin dalam premium dan berbagai posisi gas dapat dilihat pada tabel-VI di bawah ini :

Tabel-VI. Pengaruh kadar kerosin dalam premium dan posisi gas terhadap kadar gas CO

Kadar kerosin dalam premium (% V/V)	Kadar gas CO pada posisi gas 1 (ppm)	Kadar gas CO pd. posisi gas 2 (ppm)	Kadar gas CO pd. posisi gas 3 (ppm)
0,0	73,3	131,4	152,3
1,0	81,2	137,6	142,1
2,0	91,1	149,6	141,6
3,0	64,3	129,4	153,1
4,0	72,6	136,1	150,5
5,0	69,2	135,1	144,5
6,0	75,0	110,3	160,4
7,0	76,0	99,2	157,4
8,0	77,7	120,6	156,1
10,0	78,2	112,6	149,7
12,0	76,6	136,5	146,6
14,0	82,3	131,8	148,7
16,0	73,7	126,3	141,3
18,0	68,9	138,6	141,9
20,0	69,8	109,5	147,6

Catatan : posisi gas 1 = 1400 rpm
 posisi gas 2 = 2500 rpm
 posisi gas 3 = 3000 rpm

Data pada tabel-VI bila dibuat grafik, akan diperoleh kurva seperti tertera pada gambar-2.



Gambar-2. Pengaruh kadar kerosin dalam premium terhadap kadar gas CO untuk berbagai posisi gas

Dari gambar-2. nampak bahwa kurvanya konstan. Untuk itu perlu dilakukan uji korelasi (r). Dari tabel korelasi (lampiran I), untuk $DB = N - 2 = 13$ dan $P = 0,01$, didapat $r(\text{tabel}) = 0,641$. Perhitungan uji

korelasi dari data di atas ada pada Tabel VII, Tabel VIII dan Tabel IX.

Tabel VII

Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO
Untuk posisi gas = 1400 rpm

N	x	y	(x - \bar{x})	(y - \bar{y})	(x - \bar{x}) ²	(y - \bar{y}) ²	(x - \bar{x})(y - \bar{y})
1	0	73,3	- 8,4	- 2	70,56	4,00	16,80
2	1	81,2	- 7,4	5,9	54,76	34,81	43,66
3	2	91,1	- 6,4	15,8	40,96	249,64	101,12
4	3	64,3	- 5,4	- 11,0	29,16	121,0	59,40
5	4	72,6	- 4,4	- 2,7	19,36	7,29	141,13
6	5	69,2	- 3,4	- 6,1	11,56	37,21	20,74
7	6	75,0	- 2,4	- 0,3	5,76	0,09	0,72
8	7	76,0	- 1,4	0,7	1,96	0,49	0,98
9	8	77,7	- 0,4	2,4	0,16	5,76	- 0,96
10	10	78,2	1,6	2,9	2,56	8,41	4,64
11	12	76,6	3,6	1,3	12,96	1,69	4,68
12	14	82,3	5,6	7,0	31,36	49,0	39,20
13	16	73,7	7,6	- 1,6	57,76	2,56	- 12,16
14	18	68,9	9,6	- 6,4	92,16	40,96	- 61,44
15	20	69,8	11,6	- 5,5	134,56	30,26	- 63,80
Σ	126	1129,9	0,00	0,00	565,6	593,16	292,75

Catatan : x = kadar kerosin dalam premium (% v/v)
y = kadar gas CO dari knalpot (ppm)

$$\bar{x} = 126/15 = 8,4$$

$$\bar{y} = 1129,9/15 = 75,3$$

$$S_x = 565,6$$

$$S_{yy} = 593,16$$

$$S_{xy} = 292,75$$

$$r = \frac{292,75}{(565,6 \times 292,75)^{1/2}} = 0,5054$$

Tabel XVIII

Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO
Untuk posisi gas = 2500 rpm

No.	x	y	(x - \bar{x})	(y - \bar{y})	(x - \bar{x}) ²	(y - \bar{y}) ²	(x - \bar{x})(y - \bar{y})
1	0	131,4	- 8,4	4,43	70,56	19,62	- 37,21
2	1	137,6	- 7,4	10,63	54,76	113,00	- 78,66
3	2	149,6	- 6,4	22,63	40,96	512,12	- 151,62
4	3	129,4	- 5,4	2,43	29,16	5,91	- 13,12
5	4	136,1	- 4,4	9,13	19,36	83,36	- 35,77
6	5	135,1	- 3,4	8,13	11,56	66,10	- 27,64
7	6	110,3	- 2,4	- 16,67	5,76	277,89	40,00
8	7	99	- 1,4	- 27,77	1,96	771,17	39,00
9	8	100	- 0,4	- 6,57	0,16	40,00	- 2,55
10	10	112,6	1,6	- 14,37	2,56	206,5	- 23,00
11	12	136,5	3,6	9,53	12,96	90,82	34,31
12	14	131,8	5,6	4,83	31,36	23,33	27,05
13	16	126,3	7,6	- 0,67	57,76	0,45	- 5,09
14	18	138,6	9,6	11,63	92,16	135,26	104,63
15	20	109,5	11,6	- 17,47	134,56	305,20	- 202,65
Σ		1904,6	0,0	0,00	565,6	2651,20	- 327,3

Catatan : x = kadar kerosin dalam premium (% v/v)
y = kadar gas CO dari knalpot (ppm)

$$\bar{x} = 126/15 = 8,4$$

$$\bar{y} = 1904,6/15 = 126,97$$

$$S_{xx} = 565,6$$

$$S_{yy} = 2651,31$$

$$S_{xy} = 327,3$$

$$r = \frac{327,3}{(565,6 \times 2651,31)^{1/2}} = 0,267$$

Tabel IX
Data uji korelasi antara kadar kerosin dalam premium dengan kadar gas CO
Untuk posisi gas = 3000 rpm

N	x	y	$(x - \bar{x})$	$(y - \bar{y})$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	0	152,3	- 8,4	3,38	70,56	11,42	- 28,39
2	1	142,1	- 7,4	- 6,82	54,76	46,51	50,47
3	2	141,6	- 6,4	- 7,32	40,96	53,58	46,85
4	3	153,1	- 5,4	4,18	29,16	17,47	- 22,57
5	4	150,5	- 4,4	1,58	19,36	2,49	- 6,95
6	5	144,5	- 3,4	- 4,42	11,56	19,54	15,03
7	6	160,4	- 2,4	11,48	5,76	131,18	- 27,55
8	7	157,4	- 1,4	8,48	1,96	71,91	- 11,87
9	8	156,1	- 0,4	7,18	0,16	51,55	2,87
10	10	149,7	1,6	0,78	2,56	0,61	1,25
11	12	146,6	3,6	- 2,32	12,96	5,38	- 8,35
12	14	148,7	5,6	- 0,22	31,36	0,05	- 1,23
13	16	141,3	7,6	- 7,62	57,56	58,06	- 57,91
14	18	141,9	9,6	- 7,02	92,16	49,28	- 67,39
15	20	147,6	11,6	- 1,32	134,56	1,74	- 15,31
Σ	126	2233,8	0,0	0,00	565,6	540,31	- 131,05

Catatan : x = kadar kerosin dalam premium (% v/v)
y = kadar gas CO dari knalpot (ppm)

$$\bar{x} = 126/15 = 8,4$$

$$\bar{y} = 2233,8/15 = 148,92$$

$$S_{xx} = 565,6$$

$$S_{yy} = 540,31$$

$$S_{xy} = 131,05$$

$$r = \frac{131,05}{(565,6 \times 540,31)^{1/2}} = 0,237$$

Hasil perhitungan uji korelasi dari tabel VII, Tabel VIII dan Tabel IX ,tertera pada tabel-X di bawah ini.

Tabel X. Harga r_{hitung} dan r_{tabel} untuk beberapa posisi gas

Posisi gas	S_{xx}	S_{yy}	S_{xy}	r_{hitung}	r_{tabel}	Kesimpulan
1400 rpm	565,6	593,16	292,75	0,5054	0,6410	H_{a1} ditolak
2500 rpm	565,6	2651,31	327,30	0,2670	0,6410	H_{a1} ditolak
3000 rpm	565,6	540,31	131,05	0,2370	0,6410	H_{o1} ditolak

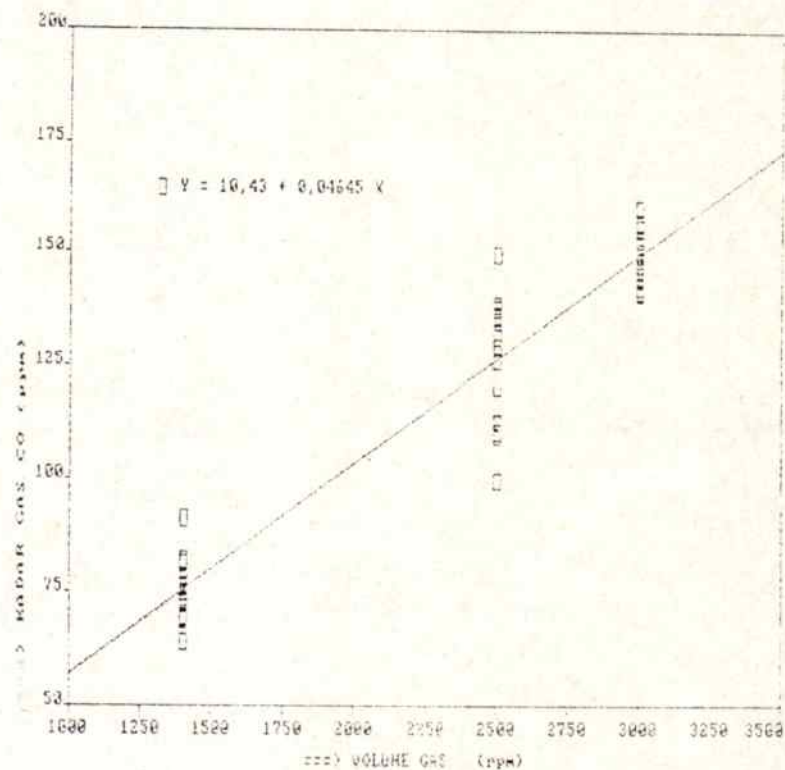
$$\text{Catatan : } r_{hitung} = \frac{S_{xy}}{(S_{xx} \cdot S_{yy})^{1/2}}$$

Dari uji korelasi di atas jelas bahwa kadar kerosin dalam premium tidak mempengaruhi debit gas CO gas buang kendaraan bermotor. Ini disebabkan fraksi berat pada kerosin dalam pembakaran menghasilkan peningkatan jumlah karbon, bukan gas CO, sesuai dengan reaksi :

Data kualitatif menunjukkan bahwa setelah pengujian dengan berbagai kadar kerosin, kendaraan bermotor yang dipakai/diuji mengalami gangguan. Pengeluaran gas buang menjadi tidak lancar (tersendat-sendat). Setelah gas dibesarkan, dari saluran gas buang (knalpot), keluar asap hitam.

4.2. Pengaruh Posisi Gas Terhadap Kadar Gas CO

Dari gambar-2, nampak bahwa posisi gas juga menentukan besar-kecilnya kadar gas CO dari gas buang. Hal tersebut akan lebih nampak jika dilihat pada gambar-3. di bawa ini:



Gambar-3. Pengaruh posisi gas terhadap kadar gas CO hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor

Data perhitungan uji korelasi tercantum pada Tabel XI.

Tabel XI

Data uji korelasi antara volume (posisi) gas dengan kadar gas CO

N	x	y	(x - x)	(y - y)	(x - x) ²	(y - y) ²	(x-x)(y-y)
1	1400	73,3	- 78,9	- 43,8	622.521	1918,44	34.558,2
2	1400	81,2	- 78,9	- 35,9	622.521	1288,81	28.325,1
3	1400	91,1	- 78,9	- 26,0	622.521	676,00	20.514,0
4	1400	69,3	- 78,9	- 52,8	622.521	2787,84	41.659,2
5	1400	72,6	- 78,9	- 44,5	622.521	1980,25	35.110,5
6	1400	69,2	- 78,9	- 47,9	622.521	2294,41	37.791,1
7	1400	75,0	- 78,9	- 42,1	622.521	1772,41	33.216,9
8	1400	76,0	- 78,9	- 41,1	622.521	1689,21	32.427,9
9	1400	77,7	- 78,9	- 39,4	622.521	1552,36	31.086,6
10	1400	78,2	- 78,9	- 38,9	622.521	1513,21	30.692,1
11	1400	76,6	- 78,9	- 40,5	622.521	1640,25	31.954,5
12	1400	82,3	- 78,9	- 34,8	622.521	1211,04	27.457,2
13	1400	73,7	- 78,9	- 43,4	622.521	1883,56	34.242,6
14	1400	68,9	- 78,9	- 48,7	622.521	2322,24	38.029,8
15	1400	69,8	- 78,9	- 47,3	622.521	2237,29	37.319,7
16	2500	131,4	311	14,3	96.721	204,49	4.447,3
17	2500	137,6	311	20,5	96.721	420,25	6.375,5
18	2500	149,6	311	32,5	96.721	1056,25	10.107,5
19	2500	129,4	311	12,3	96.721	151,29	3.825,3
20	2500	136,1	311	19	96.721	361,00	5.909,0
21	2500	135,1	311	18	96.721	324,00	5.598,0
22	2500	110,3	311	- 6,8	96.721	46,24	- 2.114,8
23	2500	99,2	311	- 17,9	96.721	320,41	- 5.566,9
24	2500	120,6	311	3,5	96.721	12,25	1.088,5
25	2500	112,6	311	- 4,5	96.721	20,25	- 1.399,5
26	2500	136,5	311	19,4	96.721	376,36	6.033,4
27	2500	131,8	311	14,7	96.721	216,09	4.571,7
28	2500	126,3	311	9,2	96.721	84,64	2.861,2
29	2500	138,6	311	21,5	96.721	462,25	6.686,5
30	2500	109,5	311	- 7,6	96.721	57,76	- 2.363,6
31	3000	152,3	811	35,2	657.721	1239,04	28.547,2
32	3000	142,1	811	25,0	657.721	625,00	20.275,0
33	3000	141,6	811	24,5	657.721	600,25	19.869,5

Tabel XI (lanjutan)

34	3000	153,1	811	36,0	657.721	1296,00	29.196,0
35	3000	150,5	811	33,4	657.721	1115,56	27.087,4
36	3000	144,5	811	27,4	657.721	750,76	22.221,4
37	3000	160,4	811	43,3	657.721	1874,89	35.116,3
38	3000	157,4	811	40,3	657.721	1624,09	32.683,3
39	3000	156,1	811	39	657.721	1521,00	31.629,0
40	3000	149,7	811	32,6	657.721	1062,76	26.438,6
41	3000	146,6	811	29,5	657.721	870,25	23.924,5
42	3000	148,7	811	31,6	657.721	998,56	25.627,6
43	3000	141,3	811	24,2	657.721	585,64	19.626,2
44	3000	141,9	811	24,8	657.721	615,04	20.112,8
45	3000	147,6	811	30,5	657.721	930,25	24.735,5
Σ	98,500	526,3	0,00	0,00	20.654.445	46.490,93	891.931,1

x = posisi gas
y = kadar gas CO

$$x = 98.500/45 = 2189$$

$$y = 5268,3/45 = 117,1$$

$$S_{xx} = 20.654.445$$

$$S_{yy} = 46.491,0$$

$$S_{xy} = 891.931,1$$

$$r = \frac{891.931,1}{(20.654.445 \times 46.491,0)^{1/2}}$$

$$= 0,9102$$

Untuk DB = 20 dan P = 0,01 , maka harga $r_{\text{tabel}} = 0,537$.Oleh karena r (hitung) > r(tabel), maka H_{a2} diterima, artinya Ada korelasi antara posisi gas dengan kadar gas CO. Makin besar volume gas, makin besar pula kadar gas CO yang produksi.

4.3. Pengaruh Umur Mesin Terhadap Kadar Gas CO

Data pengaruh umur mesin terhadap kadar gas CO dapat dilihat pada tabel XII dibawah ini

Tabel XII. Pengaruh umur mesin terhadap kadar gas CO hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor

Umur mesin	Plat no-mer motor	Kadar gas CO(1)	Kadar gas CO(2)	Kadar gas CO(3)	Kadar gas CO rata-rata
1 th.	L-8754-BB	90,2 ppm	93,8 ppm	90,3 ppm	91,3 ppm
	L-6950-BF	38,9 ppm	40,1 ppm	39,6 ppm	39,5 ppm
	L-6830-BQ	37,1 ppm	37,8 ppm	37,2 ppm	37,2 ppm
	L-5945-DO	42,6 ppm	42,9 ppm	42,9 ppm	42,8 ppm
	L-6971-BO	81,9 ppm	85,5 ppm	84,9 ppm	84,0 ppm
2 th.	L-5923-BT	104,1 ppm	102,2 ppm	104,2 ppm	103,5 ppm
	L-7840-EL	111,9 ppm	112,8 ppm	113,6 ppm	112,8 ppm
	L-7884-DD	27,0 ppm	26,5 ppm	25,9 ppm	26,5 ppm
	L-7824-DU	31,8 ppm	31,6 ppm	31,8 ppm	31,7 ppm
	L-7926-ES	78,2 ppm	78,0 ppm	78,4 ppm	78,2 ppm
3 th.	L-7751-EE	37,5 ppm	38,8 ppm	38,5 ppm	38,3 ppm
	L-6228-FI	58,8 ppm	59,7 ppm	60,6 ppm	59,7 ppm
	L-7923-EB	44,5 ppm	45,6 ppm	45,4 ppm	45,2 ppm
	L-7891-DG	122,4 ppm	122,7 ppm	122,4 ppm	122,5 ppm
	L-7907-EC	59,6 ppm	61,4 ppm	61,2 ppm	60,7 ppm
4,5 th	L-8065-DZ	104,6 ppm	108,2 ppm	104,3 ppm	105,8 ppm
	L-7864-FS	92,4 ppm	94,8 ppm	89,9 ppm	92,1 ppm
	L-8295-NG	71,3 ppm	70,4 ppm	72,6 ppm	71,4 ppm
	L-8888-FL	102,3 ppm	99,6 ppm	98,7 ppm	100,2 ppm
	L-8972-FP	122,9 ppm	121,7ppm	120,9ppm	121,8 ppm

Catatan : Kendaraan bermotor yang dipakai adalah Honda

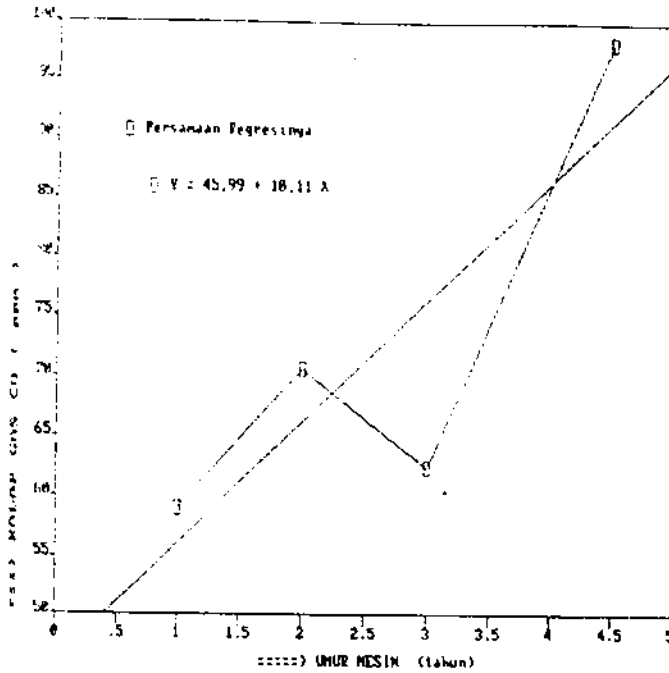
Bebek merek Grand '95 untuk umur mesin 1 th

Grand '94 untuk umur mesin 2 th.

Grand '93 untuk umur mesin 3 th.

Grand '92 unt. umur mesin 4,5 th.

Bila dibuat grafik akan diperoleh kurva seperti tercantum dalam gambar-4. di bawah ini



Gambar-4. Kurva hubungan antara umur mesin dengan kadar gas CO yang diproduksi kendaraan bermotor

Dari grafik di atas nampak ada kemungkinan ada hubungan linier antara umur mesin dengan kadar gas CO yang diproduksi . Untuk itu dilakukan uji korelasi dengan data perhitungannya pada Tabel XIII .

Tabel XIII

Data uji korelasi antara umur mesin dengan kadar gas CO

N	x	y	(x - x)	(y - y)	(x - x) ²	(y - y) ²	(x-x)(y-y)
1	1	91,4	-1,625	18,135	2,6406	328,878	-29,4693
2	1	39,5	-1,625	-33,765	2,6406	1.140,075	54,8681
3	1	37,2	-1,625	-35,865	2,6406	1.286,298	58,2806
4	1	42,8	-1,625	-30,465	2,6406	928,116	49,5056
5	1	84,0	-1,625	-10,735	2,6406	115,240	-17,4443
6	2	103,5	-0,625	30,235	0,3906	914,155	-18,8968
7	2	112,8	-0,625	39,535	0,3906	1.563,016	-24,7093
8	2	26,5	-0,625	-46,765	0,3906	2.186,965	29,2281
9	2	31,7	-0,625	-41,565	0,3906	1.727,649	25,9781
10	2	78,2	-0,625	4,935	0,3906	24,354	-3,0843
11	3	38,3	0,375	-34,965	0,1406	1.222,551	-13,1118
12	3	59,7	0,375	-13,565	0,1406	184,009	-5,0868
13	3	45,2	0,375	-28,065	0,1406	787,644	-10,5243
14	3	122,5	0,375	49,235	0,1406	2.424,085	18,4631
15	3	60,7	0,375	-12,565	0,1406	157,879	-4,7118
16	4,5	105,8	1,875	32,237	3,5156	1.058,656	61,0068
17	4,5	92,1	1,875	18,835	3,5156	354,757	35,3156
18	4,5	71,4	1,875	-1,865	3,5156	3,478	-3,4968
19	4,5	100,2	1,875	26,935	3,5156	725,494	50,5031
20	4,5	121,8	1,875	48,535	3,5156	2.355,646	91,0031
Σ	52,5	1465,3	0,000	00,000	33,4372	19.488,945	343,6167

x = umur mesin

y = kadar gas CO

$$\bar{x} = 52,5/20 = 2,625$$

$$\bar{y} = 1465,3/20 = 73,265$$

$$S_{xx} = 33,4372$$

$$S_{yy} = 19.488,945$$

$$S_{xy} = 343,6167$$

$$r = \frac{343,6167}{(33,4372 \times 19.488,945)^{1/2}}$$

$$= 0,4256$$

Untuk $DB = 18$ dan $P = 0,01$ didapat r (tabel) = $0,561$. Oleh karena r (hitung) $<$ r (tabel), maka H_{a3} ditolak. Artinya : Umur mesin tak menyebabkan peningkatan kadar gas CO.

4.4 Pengaruh Kilometer pemakaian Terhadap kadar gas CO

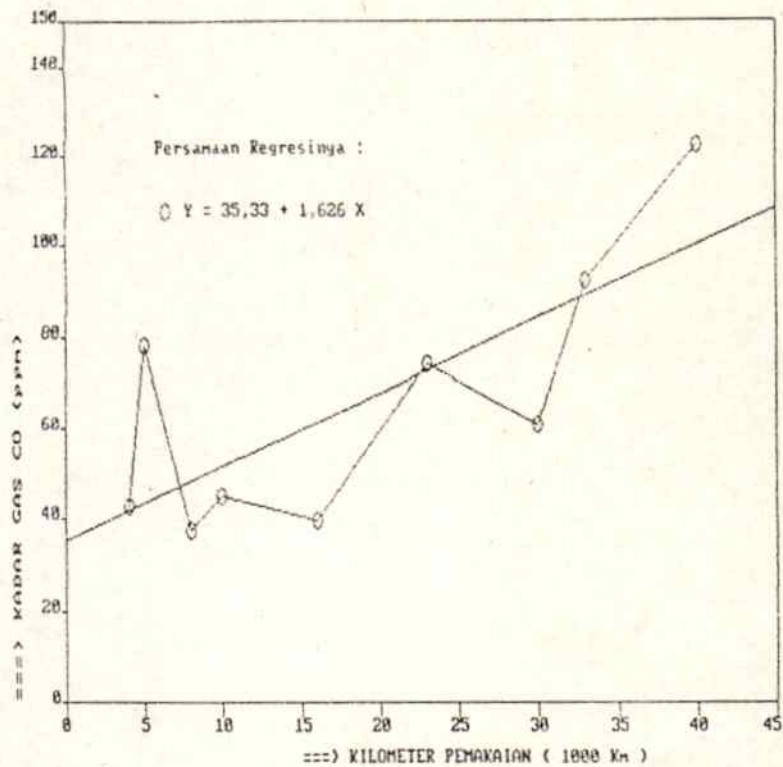
Kalau grafik pada gambar-4 diamati secara seksama, akan nampak bahwa kurvanya fluktuatif. Ini dikarenakan pemilik kendaraan bermotor satu sama lain berbeda dalam volume pemakaiannya. Untuk itu lebih tepat jika hubungan kondisi (umur ekonomis) mesin dikaitkan dengan volume pemakaian kendaraan tersebut. Adapun volume pemakaian dapat dilihat berapa kilometer speedometernya tercatat.

Angka kilometer pemakaian dan hubungannya terhadap kadar gas CO dapat di lihat pada tabel XIV di bawah ini:

Tabel XIV. Hubungan antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO

No.	Kilometer pemakaian	Kadar gas CO
01.	4.000 Km	42,8 ppm
02.	5.000 Km	87,2 ppm
03.	8.000 Km	49,3 ppm
04.	10.000 Km	45,2 ppm
05.	16.000 Km	39,5 ppm
06.	23.000 Km	74,4 ppm
07.	30.000 Km	60,7 ppm
08.	33.000 Km	92,1 ppm
09.	40.000 Km	122,5 ppm

Data pada tabel XIV jika dibuat grafik, akan didapat kurva seperti tercantum pada gambar-5.



Gambar-5. Grafik hubungan antara kilometer pemakaian kendaraan bermotor dengan kadar gas CO

Dari grafik regresinya nampak adanya korelasi linier antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO. Untuk itu dilakukan uji statistik dengan data perhitungannya tercantum pada Tabel XV. :

Untuk $DB = N - 2 = 7$ dan $P = 0,01$ harga $r_{tabel} = 0,798$. Oleh karena $r(\text{hitung}) > r(\text{tabel})$ maka H_0 diterima. Artinya : Makin sering kendaraan bermotor dipakai, makin meningkat kadar gas CO yang diproduksi.

Tabel XV:

Data uji korelasi antara kilometer pemakaian dengan kadar gas CO

N	x	y	(x - \bar{x})	(y - \bar{y})	(x - \bar{x}) ²	(y - \bar{y}) ²	(x - \bar{x})(y - \bar{y})
1	4	42,8	- 14,78	- 16,39	218,448	268,632	242,244
2	5	78,2	- 13,78	19,01	189,888	361,380	261,958
3	8	37,4	- 10,78	- 21,79	116,208	474,804	234,896
4	10	45,2	- 8,78	- 13,99	77,088	195,720	122,832
5	16	39,5	- 2,78	- 19,69	7,728	387,696	54,738
6	23	74,3	4,22	15,11	17,808	228,312	63,764
7	30	60,7	11,22	1,51	125,888	2,280	16,942
8	33	92,1	14,22	32,91	202,208	1083,068	468,022
\bar{x}	\bar{y}	52,5	21,22	63,31	450,288	4008,156	1343,438
Σ	169	532,7	00,00	00,00	1405,552	7010,048	2808,792

Catatan :

x = kilometer pemakaian

y = kadar gas CO

$$\bar{x} = 169/9 = 18,75$$

$$\bar{y} = 532,7/9 = 59,19$$

$$S_{xx} = 1405,552$$

$$S_{yy} = 7010,048$$

$$S_{xy} = 2808,792$$

$$r = \frac{2808,792}{(1405,552 \times 7010,048)^{1/2}} = 0,8948$$

4.5 Membandingkan debit gas CO antara motor 4 langkah dengan motor 2 langkah.

Data kadar gas CO untuk 4 jenis/merek kendaraan bermotor bebek roda dua keluaran th. 1995 tertera pada tabel XVI di bawah ini:

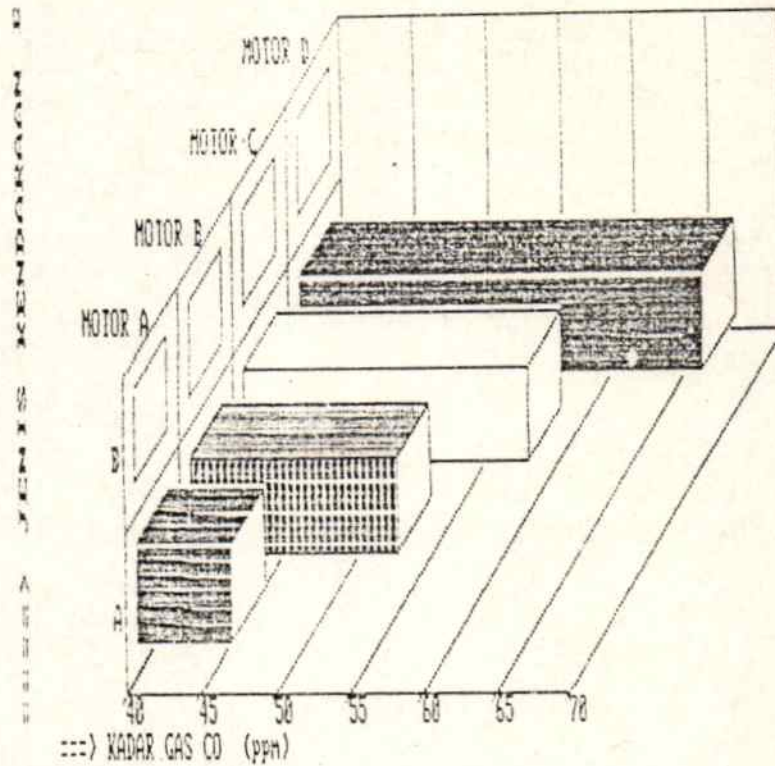
Tabel XVI. Data kadar gas CO dari gas buang 4 merek kendaraan motor bebek keluaran th. 1995

No.	Kadar gas CO motor C	Kadar gas CO motor B	Kadar gas CO motor A	Kadar gas CO motor D
01.	90,2 ppm	61,5 ppm	43,5 ppm	75,9 ppm
02.	93,8 ppm	60,8 ppm	46,7 ppm	74,6 ppm
03.	90,3 ppm	61,8 ppm	42,6 ppm	74,8 ppm
04.	38,9 ppm	62,9 ppm	63,4 ppm	69,7 ppm
05.	40,1 ppm	61,8 ppm	62,8 ppm	69,4 ppm
06.	39,6 ppm	62,4 ppm	63,6 ppm	69,7 ppm
07.	37,1 ppm	44,6 ppm	39,4 ppm	65,8 ppm
08.	37,8 ppm	45,1 ppm	35,0 ppm	65,4 ppm
09.	37,1 ppm	44,8 ppm	36,9 ppm	66,7 ppm
10.	42,6 ppm	65,5 ppm	38,4 ppm	45,1 ppm
11.	42,9 ppm	65,8 ppm	36,9 ppm	44,6 ppm
12.	42,9 ppm	64,9 ppm	36,4 ppm	44,3 ppm
13.	81,9 ppm	35,9 ppm	47,2 ppm	81,2 ppm
14.	85,1 ppm	36,6 ppm	50,1 ppm	82,5 ppm
15.	84,9 ppm	35,4 ppm	52,9 ppm	81,5 ppm
< x>	59,9 ppm	53,9 ppm	46,4 ppm	67,5 ppm

Catatan : motor tipe 4 langkah = merek C

motor tipe 2 langkah = merek A ;B; dan D

Kalau diambil harga rata-ratanya, keempat merek motor bebek tersebut dapat dibandingkan kadar gas CO dari gas buangnya seperti nampak pada gambar-6.



Gambar-6. Perbandingan kasar kadar gas CO dari gas buang 4 merek motor bebek keluaran th. 1995

Kalau membandingkan hanya berdasarkan angka rata-rata-rata, datanya adalah kasar. Artinya, untuk menguji bahwa motor 4 langkah adalah lebih baik dari motor 2 langkah harus dilakukan analisis statistik meliputi uji : (1) Apakah motor bebek dari 4 merek tersebut sepopulasi ? (2) Apakah motor bebek 4 langkah lebih baik dari motor bebek 2 langkah ?

4.5.1. Uji Populasi dari 4 merek motor bebek yang disampling

Untuk uji populasi digunakan analisis varian satu arah Kruskal-Wallis dengan rumus :

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Data perhitungan harga R_j untuk analisis dengan Kruskal-Wallis tercantum dalam Tabel XVII di bawah ini.

Tabel XVII

Data kadar gas CO untuk perhitungan harga R_j 4 merek motor menggunakan metode Kurkal-Wallis

N	motor A	R	motor B	R	motor C	R	motor D	R
1	44,3	7	61,3	11	91,4	20	75,1	17
2	63,3	13	62,1	12	39,5	5	69,6	16
3	37,1	2	44,8	9	37,4	4	66,0	15
4	37,2	3	65,3	14	42,8	6	44,7	8
5	50,5	10	36,0	1	84,0	19	81,9	18
R_j		35		47		54		74

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{20 \times 21} \left[\frac{35^2}{5} + \frac{47^2}{5} + \frac{54^2}{5} + \frac{74^2}{5} \right] - 3 \times 21 \\
 &= 0,05 (245 + 441,8 + 583,2 + 1095,2) - 48 \\
 &= 70,26
 \end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan H_{tabel} (lihat Lampiran II), yaitu pada $DB = k - 1 = 4 - 1 = 3$, dan $P = 0,01$, harganya = 11,34

Jika $P > 0,30$, baru memberikan harga H_{tabel} yang lebih kecil dari H_{hitung} . Jadi untuk harga $P > 0,30$, dinyatakan H_{a5} diterima, artinya *Sampel* dari keempat merek motor bebek tersebut adalah *sepopulasi*.

4.5.2. Uji kualitas motor bebek 4 langkah dengan motor bebek 2 langkah

Untuk membuktikan bahwa motor C yang bertipe 4 langkah lebih baik dari motor A; motor B dan motor D yang bertipe 2 langkah, digunakan tes dua sampel Kolmogorov- Smirnov dengan persamaan :

$$D = \text{Maksimum} [S_{n1}(X) - S_{n2}(X)]$$

Data perhitungan K_D untuk tes Kolmogorov-Smirnov dapat dilihat pada Tabel XVIII, Tabel XIX dan Tabel XX.

Tabel XVIII

Data kadar gas CO untuk perhitungan K_D pada tes dua sampel Kosmogorov-Smirnov antara motor C terhadap motor A

N	motor A n_2	motor A $100 - n_2$	motor C n_1	motor C $100 - n_1$
1	43,5	56,5	90,7	9,8
2	46,7	53,3	93,8	6,2
3	42,6	57,4	90,3	9,7
4	63,4	36,4	38,9	61,1
5	62,8	37,2	40,1	59,9
6	63,6	36,4	39,6	60,4
7	39,4	60,6	37,1	62,9
8	35,0	65	37,8	62,2
9	36,9	63,1	37,2	62,8
10	38,4	61,6	42,6	57,4
11	36,9	63,1	42,9	54,1
12	36,4	63,6	42,9	57,1
13	47,2	53,8	81,9	18,1
14	50,1	49,9	85,1	14,9
15	52,9	47,1	84,9	15,1

Catatan : Kalau n_i adalah kadar gas CO, ini berbanding terbalik dengan skor
Oleh karena itu skor = $n_i^* = 100 - n_i$

interval	0 - 9	10 - 18	19 - 27	28 - 36	37 - 45	46 - 54	55 - 63	64 - 72
S_{n-1}	3/15	3/15	0/15	0/15	0/15	1/15	9/15	0/15
S_{n-2}	0/15	0/15	0/15	2/15	1/15	4/15	7/15	1/15
D	3/15	3/15	0/15	-2/15	-1/15	-3/15	2/15	-1/15

$$D = S_{n-1} - S_{n-2} = K_D / n$$

$$D_{maks} = 3/15 \quad \rightarrow K_{D maks} = 3$$

Tabel XIX

Data kadar gas CO untuk perhitungan harga K_D pada tes dua sampel Kosmogorov-Smirnov antara motor C dengan motor B

N	motor B n_2	motor B $n_2^* = 100 - n_2$	motor C n_1	motor C $n_1^* = 100 - n_1$
1	61,5	38,5	90,2	9,8
2	60,8	39,2	93,8	6,2
3	61,6	38,4	90,3	9,7
4	62,9	37,1	38,9	61,1
5	61,8	38,2	40,1	59,9
6	62,4	37,6	39,6	60,4
7	44,6	55,4	37,1	62,9
8	45,1	54,9	37,8	62,2
9	44,8	55,2	37,2	62,8
10	65,5	34,5	42,6	57,4
11	65,8	34,2	42,9	54,1
12	64,9	35,1	42,9	57,1
13	35,9	64,1	81,9	18,1
14	36,6	63,4	84,1	14,9
15	35,4	64,6	84,9	15,1

interval	0 - 9	10 - 18	19 - 27	28 - 36	37 - 45	46 - 54	55 - 63	64 - 72
S_{n-1}	3/15	3/15	0/15	0/15	0/15	1/15	9/15	0/15
S_{n-2}	0/15	0/15	0/15	3/15	6/15	1/15	4/15	2/15
D	3/15	3/15	0/15	- 3/15	- 6/15	0/15	5/15	- 2/15

$$D = S_{n-1} - S_{n-2} = K_D/n \quad (\text{untuk satu sisi})$$

$$D_{\text{maks}} = K_{D(\text{maks})}/n = 5/15 \quad \text{---->} \quad K_{D(\text{maks})} = 5$$

$$D = |S_{n-1} - S_{n-2}| = K_D/n \quad (\text{untuk dua sisi})$$

$$D_{\text{maks}} = K_{D(\text{maks})}/n = 6/15 \quad \text{---->} \quad K_{D(\text{maks})} = 6$$

Tabel XX

Data kadar gas CO untuk perhitungan harga K_D pada tes dua sampel metode Kosmogorov-Smirnov antara motor C dengan motor D

N	motor D n_2	motor D $n_2^* = 100 - n_1$	motor C n_1	motor C $n_1^* = 100 - n_1$
1	75,9	24,1	90,2	9,8
2	74,6	25,4	93,8	6,2
3	74,8	25,2	90,3	9,7
4	69,7	30,3	38,9	61,1
5	69,4	30,6	40,1	59,9
6	69,7	30,3	39,6	60,4
7	65,8	34,2	37,1	62,4
8	65,4	34,6	37,8	62,2
9	66,7	33,3	37,2	62,8
10	45,1	54,9	42,6	57,4
11	44,6	55,4	42,9	54,1
12	44,3	55,7	42,9	57,1
13	81,6	18,4	81,9	18,1
14	82,5	17,5	85,1	14,9
15	81,5	18,5	84,9	15,1

interval	0 - 9	10 - 18	19 - 27	28 - 36	37 - 45	46 - 54	55 - 63	64 - 72
S_{n-1}	3/15	3/15	0/15	0/15	0/15	1/15	8/15	0/15
S_{n-2}	0/15	3/15	3/15	3/15	0/15	1/15	0/15	0/15
D	3/15	0/15	- 3/15	- 3/15	0/15	0/15	8/15	0/15

$$D = S_{r-1} - S_{n-2} = K_D / n$$

$$D_{maks} = 8/15 \rightarrow K_{D(maks)} = 8$$

Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel-XXI.

Tabel-XXI. Data K_D untuk perbandingan antara motor C dengan motor A; motor B dan motor D

Perbandingan antara motor C dengan	K_D hitung	K_D tabel	Kesimpulan
motor A	3	7	H_{a6} ditolak
motor B	6	7	H_{a6} ditolak
motor D	8	7	H_{a6} diterima

(Catatan : K_D tabel tertera pada Lampiran III)

Dari tabel XXI terbukti bahwa motor C tidak lebih baik dari motor A dan motor B, sedangkan terhadap motor D ternyata motor lebih baik.

Kalau kita tengok kembali tabel-XVI, maka kadar gas CO hampir sebanding dengan harga K_D

Tabel-XXII. Perbandingan harga kadar gas CO rata-rata dengan harga K

No.	Merek Motor	Kadar gas CO	Harga K_D	Angka banding X/K_D
01	A	46,4 ppm	3	15,47
02	B	53,9 ppm	6	8,98
03	C	59,0 ppm	7	8,43
04	D	67,5	8	8,44

Dari Tabel XXII, nampak bahwa, jika kadar gas CO rendah, maka harga K_D juga rendah, demikian sebaliknya. Jadi untuk kasus ini urutan kadar gas CO dapat dipakai untuk menentukan kualitas motor tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah :

1. Kadar kerosin dalam premium untuk bahan bakar kendaraan bermotor tidak menaikkan kadar gas CO.
2. Volume gas kendaraan bermotor yang dinaikkan menyebabkan kenaikan kadar gas CO.
3. Usia mesin tidak dapat digunakan untuk menentukan besar-kecilnya gas CO yang diproduksi, tetapi kilometer pemakaian motor dapat.
4. Besar-kecilnya kadar gas CO ditentukan oleh kesempurnaan disain sistem pembakaran.
5. Motor 4 langkah tidak selalu menghasilkan gas CO lebih sedikit dibanding motor 2 langkah.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Perlu diuji efek kadar kerosin dalam premium terhadap kadar karbon hasil pembakaran BBM pada kendaraan bermotor,

2. Perlu diuji efek kadar kerosin dalam solar terhadap kadar gas CO maupun kadar karbon hasil pembakaran bahan bakar tersebut pada kendaraan bermotor roda empat atau kendaraan berat lainnya,
3. Perlu dilakukan penelitian kontribusi gas CO dari sektor transportasi di seluruh wilayah Nusantara.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Tahun 2010 kendaraan bermotor mencapai 1 milyar, Jawa Pos, 5-Januari-1995
- Anonim, Desember, 1986, *Global Transpheric Chemistry Plant for the US research.*
- Anonim, 1986, *Buku Tahunan pertambangan Indonesia tahun 1983*. Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta.
- Hirwan Efendi, 1990, Konsumsi bahan bakar minyak sektor energi di Indonesia, *Lembaga Publikasi Lemigas*, Jakarta, hal. 4.
- Imam Hidayat, 1986, *Pengendalian pencemaran limbah industri.*
- Jasfi, E., 1992, Perkembangan bahan bakar minyak dan upaya litbang di Indonesia dalam mengantisipasinya, *Lembaran Publikasi Lemigas No.2*, Jakarta
- John, M.M., et al., 1987, *Chemistry and society*, 5th Ed., College Pub., Philadelphia-New York, pp. 399, 641, 642, 647.
- Mertani, B., 1987, Menyadap energi dari perut bumi, *Warta Caltex*, No.12.
- Mezzaros, E., 1981, *Atmofpheric Chemistry Fundamental Aspect*, Elsevier Scien. Pub., Amsterdam-Oxford-New York,

Odum ,E.P., 1983 *Basic Ecology*, Saunders College
Pub., Philadelphia, N.Y.

Pollawagan,L.P.,1993, Efek penambahan aditif
penaik mutu bensin terhadap angka oktan dan
sifat fisika-kimia bensin premium-88,
Lembaran Publikasi Lemigas, Jakarta.

Wayne,A.P. and Dale,B.H., 1986, *Understanding
Your Health*, Times Mirror/Mosby College Pub.,
St.Louis-Toronto-Santa Clara,pp.222.

Lampiran I

TABEL KOEFISIEN KORELASI, r

DB. P	r				
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,988	0,997	0,999	1,000	1,000
2	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
3	0,805	0,878	0,934	0,959	0,992
4	0,729	0,811	0,882	0,917	0,974
5	0,669	0,754	0,833	0,874	0,951
6	0,621	0,707	0,789	0,834	0,925
7	0,582	0,666	0,750	0,798	0,898
8	0,549	0,632	0,716	0,765	0,872
9	0,521	0,602	0,685	0,735	0,847
10	0,497	0,576	0,658	0,708	0,823
11	0,476	0,553	0,634	0,684	0,801
12	0,457	0,532	0,612	0,661	0,780
13	0,441	0,514	0,592	0,641	0,760
14	0,426	0,497	0,574	0,623	0,742
15	0,412	0,482	0,558	0,606	0,725
16	0,400	0,468	0,543	0,590	0,708
17	0,389	0,456	0,528	0,575	0,693
18	0,378	0,444	0,516	0,561	0,679
19	0,369	0,433	0,503	0,549	0,665
20	0,360	0,423	0,492	0,537	0,652

Lampiran II

Kemungkinan di bawah H_0 bahwa $\chi^2 \geq$ chi-kuadrat

df	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.00016	.00063	.0039	.016	.064	.15	.46	1.07	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	.02	.04	.10	.21	.45	.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	.12	.18	.35	.58	1.00	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	8.15	10.34	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	9.03	11.34	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	9.93	12.34	15.12	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69	34.53
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	10.82	13.34	16.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.21	11.72	14.34	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	12.62	15.34	18.42	20.46	23.54	26.30	29.63	32.00	39.29
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	13.53	16.34	19.51	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41	40.75
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	14.44	17.34	20.60	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80	42.31
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	15.35	18.34	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	16.27	19.34	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.32
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	17.18	20.34	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	9.54	10.60	12.34	14.04	16.31	18.10	21.24	24.94	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	10.20	11.29	13.09	14.85	17.19	19.02	22.34	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	10.86	11.99	13.85	15.66	18.06	19.94	23.34	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	20.87	24.34	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	21.79	25.34	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	22.72	26.34	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	23.65	27.34	31.39	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	24.58	28.34	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	25.51	29.34	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.80	59.70

Lampiran III

Tabel Harga-harga Kritis K_D Dalam Tes Dua Sampel Kolmogorov-Smirnov (Sampel-sampel Kecil).

N	One-tailed test*		Two-tailed test†	
	$\alpha = .05$	$\alpha = .01$	$\alpha = .05$	$\alpha = .01$
3	3	—	—	—
4	4	—	4	—
5	4	5	5	5
6	5	6	5	6
7	5	6	6	6
8	5	6	6	7
9	6	7	6	7
10	6	7	7	8
11	6	8	7	8
12	6	8	7	8
13	7	8	7	9
14	7	8	8	9
15	7	9	8	9
16	7	9	8	10
17	8	9	8	10
18	8	10	9	10
19	8	10	9	10
20	8	10	9	11
21	8	10	9	11
22	9	11	9	11
23	9	11	10	11
24	9	11	10	12
25	9	11	10	12
26	9	11	10	12
27	9	12	10	12
28	10	12	11	13
29	10	12	11	13
30	10	12	11	13
35	11	13	12	
40	11	14	13	