

**ANALISA FAKTOR GAS BUANG KENDARAAN BERBAHAN
BAKAR SOLAR MENGGUNAKAN RANCANGAN ACAK
LENGKAP
(Suatu Aplikasi Matematika dan Statistika Untuk Penelitian
Lingkungan)**

Dessy Gusnita¹, Lilik Slamet²

^{1,2} LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL

gusnita@yahoo.com; nitagusnita@gmail.com; lilik_lapan@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk menangani permasalahan lingkungan hidup yang terkait dengan pencemaran udara dari kendaraan bermotor, pemerintah telah menetapkan batas baku mutu emisi kendaraan bermotor yang tertuang dalam Kepmen LH no 35 tahun 1993. Batas baku mutu untuk opasitas emisi kendaraan berbahan bakar solar yaitu maksimum 50%. Variabel karakteristik kendaraan yang diduga berpengaruh terhadap besarnya opasitas kendaraan berbahan bakar solar antara lain, isi silinder, merk, dan tahun produksi kendaraan. Untuk itu telah dilakukan pengujian pengaruh kapasitas isi silinder kendaraan, tahun produksi kendaraan serta merk kendaraan terhadap opasitas yang dikeluarkan oleh kendaraan berbahan bakar solar. Perlakuan untuk pengaruh tahun produksi kendaraan terbagi menjadi 2 perlakuan yaitu kendaraan yang diproduksi di bawah sampai dengan tahun 2000 (T1) dan kendaraan produksi di atas tahun 2000 (T2). Perlakuan untuk pengaruh kapasitas isi silinder kendaraan terhadap opasitas terbagi menjadi 11 perlakuan (1600 cc, 2200 cc, 2300 cc, 2500 cc, 2700 cc, 2800 cc, 2900 cc, 3300 cc, 3400 cc, 3900 cc, 4200 cc). Perlakuan untuk pengaruh merk kendaraan terhadap opasitas terbagi menjadi 7 perlakuan (Chevrolet, Mitsubishi, Ford, KIA, Daihatsu, Toyota, Isuzu). Hasil menunjukkan bahwa pengaruh tahun produksi kendaraan terhadap opasitas berbeda nyata antara perlakuan T1 dengan T2. Pengaruh kapasitas isi silinder terhadap opasitas juga berbeda nyata antara mobil yang berkapasitas isi silinder di bawah 2800 cc dengan kendaraan yang kapasitas isi silindernya di atas 2900 cc.

Kata kunci: opasitas, solar, emisi, kendaraan bermotor.

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Kota Palembang tahun 2002 sebanyak 1.451.776 jiwa, tersebar pada empat belas kecamatan. Jumlah penduduk terbanyak berada di Kecamatan Ilir Timur II, yaitu sebanyak 178.725 jiwa, sedangkan jumlah penduduk terendah di Kecamatan Gandus sebanyak 52.707 jiwa. Kepadatan penduduk rata-rata Kota Palembang adalah 3.624 jiwa per km². Perkembangan kota Palembang tentunya akan

Makalah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika dengan tema "*Kontribusi Pendidikan Matematika dan Matematika dalam Membangun Karakter Guru dan Siswa*" pada tanggal 10 November 2012 di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY

memberikan dampak positif maupun negatif bagi kesehatan lingkungan penduduk di daerah perkotaan. Meningkatnya kendaraan bermotor dan bertambahnya industri, urbanisasi turut menimbulkan dampak negatif seperti adanya pencemaran udara.

Transportasi merupakan sumber utama dari pencemaran udara di perkotaan. Kegiatan transportasi menyumbang kira-kira 45%, 50%, dan 90% dari Nitrogen Oksida (NO_x), total Hidrokarbon (HC) dan emisi Karbon Monoksida (CO). Meskipun perkembangan teknologi terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi, namun tingkat kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dan jauhnya jarak perjalanan membuat hal tersebut tidak berguna lagi (Carbajo and Faiz, 1994). Oleh karena itu, pelaksanaan dari pengendalian pencemaran udara menjadi sangat penting untuk mencegah efek kerugian pada perkembangan lalu lintas pada perkotaan yang memiliki populasi penduduk sangat padat (Crabbe and Elsom, 1998).

Sejalan dengan program Langit Biru yang dicanangkan oleh pemerintah dan dikoordinir oleh KLH, maka upaya membirukan Palembang dilakukan secara bertahap dan terpola dalam beberapa program. Antara lain melalui uji emisi, pengukuran kualitas udara dan kualitas air, penggunaan transportasi ramah lingkungan, penerapan hari bebas kendaraan bermotor (HBKB), dan pembatasan kendaraan angkot (angkotan kota) yang dinilai tak layak lagi. Upaya untuk mengurangi dampak emisi buang kendaraan bermotor terhadap polusi udara harus dilakukan, khususnya pada kendaraan berbahan bakar solar. Hal ini disebabkan karena kendaraan dengan bahan bakar solar merupakan penyumbang polusi udara terbesar (Wirahadikusumah, 2006).

Bahan bakar solar adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi mentah bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih (Pertamina, 2005). Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (di atas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur kecil yang terutama diinginkan terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini disebut juga Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High Speed Diesel (Pertamina, 2005). Pada umumnya, kadar sulfur dalam bahan bakar diesel adalah 50-60% dari kandungan dalam minyak mentahnya *Sulphur content* maksimal yang ditetapkan Pertamina adalah 500 ppm, jauh lebih rendah dari standar Solar 3.500 ppm. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi pada tahun 2006, batas maksimum kandungan sulfur untuk solar di Indonesiaialah 3500 ppm, sedangkan menurut regulasi dari *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) pada tahun 2005, kandungan sulfur untuk solar harus di bawah 15 ppm (Velu *et al.* 2005).

Di kota Palembang uji emisi telah dilaksanakan sejak tahun 2006 oleh Badan Lingkungan hidup Kota Palembang Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan dan Pengelolaan Limbah. Pelaksanaan uji emisi dilakukan di tiga titik yaitu: di Jl. Demang Lebar Daun (depan RSI Siti Khadijah), Jl. AKBP Cek Agus (Resto Bukit Golf) dan Jl. Mayjen Riacudu (7 Ulu).

Pada makalah sebelumnya, Dessy dkk (2010-2011) telah melakukan analisis tentang pengklasifikasian kendaraan berbahan bakar bensin berdasarkan emisi gas buang HC dan CO menggunakan metode pengelompokan berdasarkan tahun produksi kendaraan sebelum tahun 2000 dan kendaraan yang diproduksi setelah tahun 2000. Selain itu pula dilakukan analisa untuk melihat pengaruh sistem pembakaran mesin kendraan yang menggunakan sistem injeksi dan sistem karburator.

Dari hasil analisa diketahui bahwa kendaraan yang memakai sistem injeksi mengemisikan gas buang CO dan HC yang lebih rendah dibandingkan kendaraan yang

menggunakan sistem karburator. Oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk melengkapi hasil analisa data uji emisi di kota Palembang sebelumnya menggunakan analisa statistik metode rancangan acal lengkap (RAL)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai besarnya opasitas yang dikeluarkan kendaraan berbahan bakar solar serta mengetahui karakteristik kendaraan apa saja yang di duga berpengaruh terhadap opasitas. Faktor karakteristik kendaraan yang akan di analisa antara lain tahun pembuatan (produksi) kendaraan, merk kendaraan serta kapasitas isi (cc) kendaraan. Perlakuan untuk pengaruh tahun produksi kendaraan terbagi menjadi 2 perlakuan yaitu kendaraan yang diproduksi di bawah sampai dengan tahun 2000 (T1) dan kendaraan produksi di atas tahun 2000 (T2). Perlakuan untuk pengaruh kapasitas isi silinder kendaraan terhadap opasitas terbagi menjadi 11 perlakuan (1600 cc, 2200 cc, 2300 cc, 2500 cc, 2700 cc, 2800 cc, 2900 cc, 3300 cc, 3400 cc, 3900 cc, 4200 cc). Perlakuan untuk pengaruh merk kendaraan terhadap opasitas kendaraan terbagi menjadi 7 perlakuan yaitu Chevrolet, Mitsubishi, Ford, KIA, Daihatsu, Toyota, Isuzu. Klasifikasi kelulusan kendaraan yang melakukan uji emisi didasarkan pada Kepmen LH no.35 tahun 1993.

DATA DAN METODOLOGI

Data uji emisi kendaraan berbahan bakar solar yang dilakukan di kota Palembang diperoleh dari BPLHD Propinsi Palembang jl. Lunjuk Jaya 1. Data uji emisi yang digunakan adalah data hasil pengukuran emisi kendaraan berbahan solar pada tahun 2010. Kendaraan yang di uji emisi berjumlah 111 kendaraan dengan kategori kendaraan kelompok T1 (kendaraan produksi sebelum tahun 2000) dan T2 kendaraan yang diproduksi setelah tahun 2000.

Metodologi

Metodologi analisa statistik yang digunakan pada studi ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Jika F hitung $>$ F tabel, maka harus dilakukan uji Tukey untuk mengetahui perlakuan kapasitas isi silinder yang berpengaruh nyata pada opasitas. Uji Tukey diperkenalkan oleh J. W. Tukey pada tahun 1953 (Gaspersz, 1991:89). Uji Tukey disebut pula dengan uji beda nyata jujur atau disingkat HSD (*honestly significant difference test*). Uji ini sangat sederhana karena hanya membutuhkan satu nilai HSD (dari tabel) yang digunakan sebagai pembanding. Kriteria yang digunakan pada uji Tukey ini adalah jika beda dua nilai tengah perlakuan lebih besar daripada nilai HSD, maka ke dua perlakuan (kapasitas isi silinder mobil) adalah berbeda. Persamaan untuk uji HSD pada perlakuan dengan jumlah ulangan yang sama (w) adalah :

$$w = q_{\alpha} (p, f_e) s_Y \quad (1)$$

$$s_Y = (KTG/r)^{1/2} \quad (2)$$

dengan :

q_{α} = dari tabel

p = jumlah perlakuan (periode iklim)

f_e = derajat bebas galat

s_Y = galat baku nilai tengah

r = jumlah ulangan setiap perlakuan

Persamaan uji HSD pada perlakuan dengan jumlah ulangan berbeda (w') adalah :

$$w = w' \{1/2(1/r_i + 1/r_j)\}^{1/2} \tag{3}$$

$$w' = q_\alpha (p, f_e) s \tag{4}$$

$$s = KTG^{1/2} \tag{5}$$

dengan :

r_i = jumlah ulangan pada perlakuan i

r_j = jumlah ulangan pada perlakuan j

Pada penelitian ini uji Tukey juga digunakan untuk mengelompokan kapasitas isi silinder yang berpengaruh nyata pada opasitas kendaraan berbahan bakar solar.

PEMBAHASAN

Perlakuan yang akan diuji dengan analisa statistik adalah tahun produksi kendaraan, kapasitas isi silinder kendaraan, dan merk kendaraan dan pengaruhnya terhadap opasitas. Metode yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan ulangan yang berbeda. Data uji emisi yang akan diuji adalah opasitasnya (ketebalan filter).

Tahun Produksi Kendaraan terdiri dari 2 perlakuan yaitu mobil tahun produksi \leq tahun 2000 (T1) dan tahun produksi $>$ tahun 2000 (T2). Perlakuan kapasitas isi silinder mobil (cc kendaraan) terdiri dari 11 perlakuan yaitu 1600 cc¹, 2200 cc², 2300 cc³, 2500 cc⁴, 2700 cc⁵, 2800 cc⁶, 2900 cc⁷, 3300 cc⁸, 3400 cc⁹, 3900 cc¹⁰, 4200 cc¹¹. Perlakuan merk mobil terdiri dari 7 perlakuan merk mobil yaitu Chevrolet¹, Daihatsu², Toyota³, Ford⁴, KIA⁵, Isuzu⁶, Mitsubishi⁷.

Hasil uji F dari ketiga perlakuan opasitas kendaraan disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Uji F 3 perlakuan data uji emisi

No	Perlakuan	F hitung	F tabel	
			5%	1%
1.	Tahun pembuatan mobil	16,68*	3,62	6,87
2.	Kapasitas isi silinder mobil	5,78*	1,92	2,51
3.	Merk mobil	2,34*	2,18	2,98

Keterangan : * berbeda nyata

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan opasitas yang dikeluarkan antara mobil produksi \leq tahun 2000 dengan mobil yang diproduksi di atas tahun 2000 pada taraf 5% dan 1%. Untuk perlakuan kapasitas isi silinder juga diperoleh hasil yang berbeda nyata pula. Untuk perlakuan merk mobil pada taraf nyata 5% berbeda nyata, tetapi tidak pada taraf nyata 1%. Pada taraf nyata 1% perbedaan merk mobil tidak berpengaruh nyata pada opasitas yang dikeluarkan.

Rata-rata opasitas yang dihasilkan oleh mobil produksi \leq tahun 2000 dan tahun produksi $>$ tahun 2000 berturut-turut adalah 75,54 dan 68,74. Opasitas rata-rata yang dikeluarkan oleh mobil produksi \leq tahun 2000 lebih besar daripada mobil tahun produksi $>$ tahun 2000. Hal ini dikarenakan secara umum semakin tua kendaraan, maka semakin banyak peralatan yang aus sehingga dihasilkan opasitas yang lebih besar untuk

kendaraan yang berumur lebih tua dan teknologi turut juga berperan seiring perjalanan tahun.

Hasil dari uji F untuk perlakuan kapasitas isi silinder menyatakan bahwa terdapat perbedaan pengaruh kapasitas isi silinder terhadap opasitas yang dikeluarkan mobil. Hasil dari uji Tukey (uji HSD; *honestly significant different*; uji beda nyata jujur) menyatakan bahwa mobil dengan kapasitas isi silinder dari 1600 cc sampai dengan 2800 cc berbeda nyata dengan mobil yang berkapasitas isi silinder 2900-4200 cc dalam menghasilkan opasitas. Hasil rata-rata opasitas dari berbagai kapasitas isi silinder mobil terdapat dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hubungan Kapasitas dan rata-rata opasitas

No	Kapasitas isi silinder (cc)	Opasitas Rata-rata
1.	1600	98
2.	2200	81,9
3.	2300	88,55
4.	2500	76,02
5.	2700	80
6.	2800	80,25
7.	2900	67,2
8.	3300	34,48
9.	3400	35,55
10.	3900	8,8
11.	4200	77,1

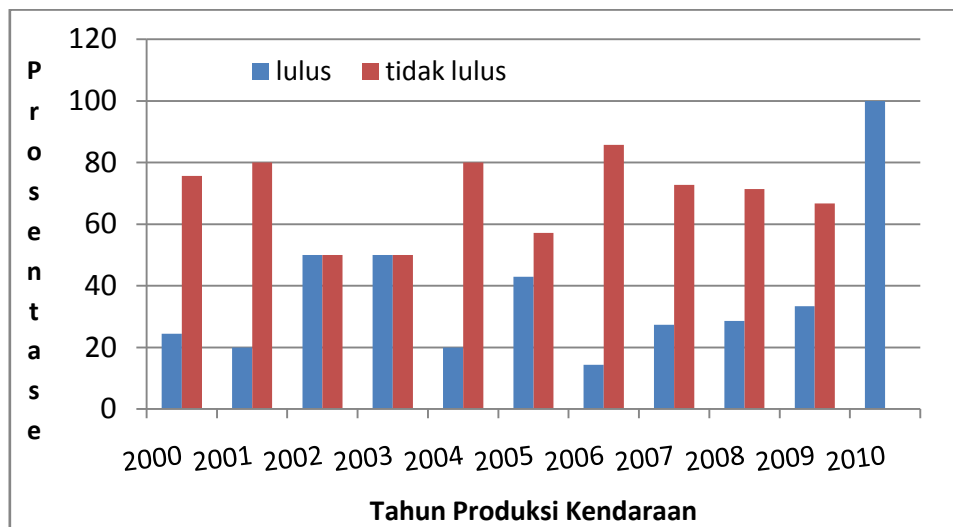
Korelasi antara rata-rata kapasitas isi silinder mobil dengan opasitas menghasilkan koefisien korelasi (r) sebesar $-0,68$. Dari koefisien korelasi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kapasitas isi silinder mobil berbahan bakar jenis solar akan menghasilkan opasitas yang lebih kecil. Hal ini akan berakibat baik pada lingkungan, tetapi bersifat memboroskan bahan bakar (tidak kemat bahan bakar).

Tabel 3. Hubungan merk kendaraan dan opasitas rata-rata

No	Merk Mobil	Opasitas rata-rata
1.	Chevrolet (Eropa)	36,7
2.	Daihatsu (Jepang)	82,76
3.	Toyota (Jepang)	68,11
4.	Isuzu (Jepang)	79,37
5.	Ford (Eropa)	11,2
6.	KIA (Korea Selatan)	73,6
7.	Mitsubishi (Jepang)	66,52

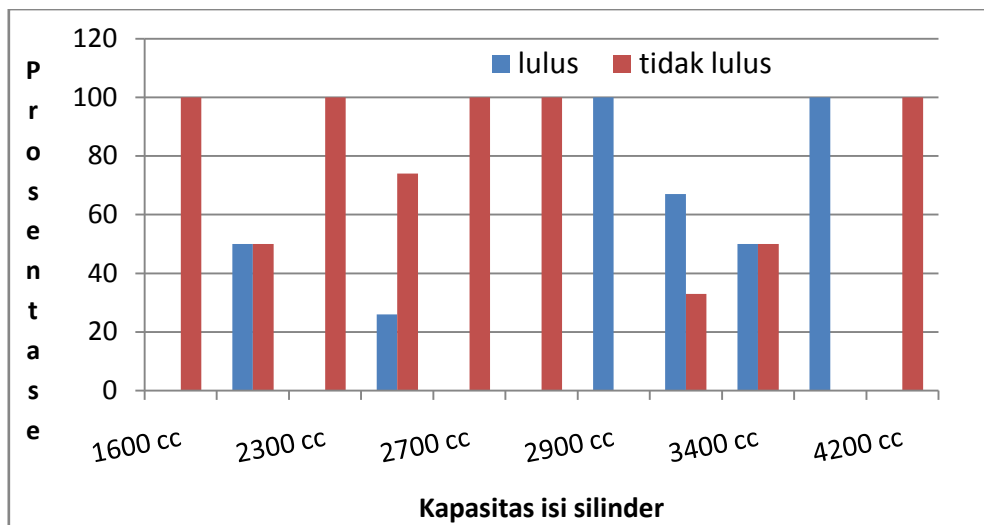
Dari Tabel 3 di atas dapat diketahui bahwa mobil buatan eropa (Chevrolet dan Ford) secara umum memiliki opasitas yang lebih kecil daripada mobil-mobil buatan jepang

(Daihatsu, Toyota, Isuzu, Mitsubishi) dan Korea selatan. Mobil buatan Jepang yang rendah dalam opasitas adalah merk Mitsubishi.



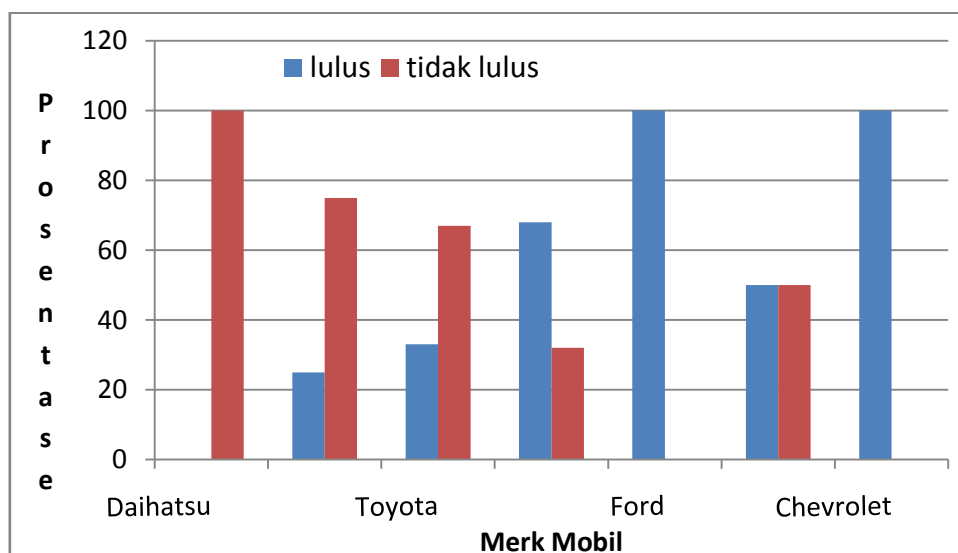
Gambar 1. Prosentase Kelulusan Kendaraan yang diuji emisi di kota Palembang tahun 2010 berdasarkan tahun produksi kendaraan

Pada **Gambar 1** dapat diketahui bahwa dari 111 unit mobil berbahan bakar solar yang diuji emisinya sebagian besar mobil tidak lulus uji emisi. Hanya mobil tahun produksi 2010 yang semuanya lulus uji emisi. Mobil dengan tahun produksi < sama dengan tahun 2000 cenderung memiliki opasitas yang lebih besar sehingga prosentase kelulusan uji emisi adalah relatif rendah. Hal ini adalah wajar karena mobil-mobil tua sebagian onderdilnya sudah aus dan perawatan dari pemakai yang kurang. Tetapi pada gambar 1 menunjukkan mobil yang diproduksi 2004 sampai dengan 2009 memiliki prosentase kelulusan yang juga rendah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa mobil-mobil baru tidak menjamin opasitasnya baik, karena faktor perawatan (maintenance) dari pemakai serta efisiensi mengemudi jauh lebih signifikan daripada tahun produksi kendaraan. Atau dengan kata lain kegiatan uji emisi merupakan kegiatan yang mengajak para pemilik kendaraan pribadi khususnya untuk lebih merawat serta menggunakan kendaraan dengan bijak agar emisi buang yang dihasilkan ramah lingkungan.



Gambar 2. Prosentase Kelulusan Kendaraan yang diuji emisi di kota Palembang tahun 2010 menurut Kapasitas isi silinder

Pada **Gambar 2** dapat ditunjukkan bahwa mobil dengan kapasitas isi silinder antara 2900 cc sampai dengan 3900 cc adalah mobil-mobil yang sebagian besar lulus uji emisi artinya opasitasnya juga rendah. Tetapi mobil dengan isi silinder 4200 cc dibanding dari semua mobil yang diuji emisi hasilnya tidak ada yang lulus. Oleh karena itu dari penelitian ini disarankan agar menghasilkan opasitas yang lebih kecil maka sebaiknya menggunakan mobil dengan kapasitas isi silinder antara 2900 cc – 3900 cc. Walaupun dari konsumsi bahan bakar (ekonomi) bersifat boros, tetapi dari sisi ekologi adalah baik untuk lingkungan karena menghasilkan opasitas yang lebih kecil sehingga tidak membahayakan lingkungan.



Gambar 3. Prosentase Kelulusan Kendaraan yang diuji emisi di kota Palembang tahun 2010 menurut merk kendaraan

Pada **Gambar 3** dapat ditunjukkan bahwa sebagian besar mobil buatan Eropa lulus uji emisi (Ford dan Chevrolet) dan sebagian besar mobil buatan Jepang dan Korea tidak lulus uji emisi. Hal ini dikarenakan berhubungan dengan pasar suku cadang mobil-mobil Jepang dan Korea yang mengenal dua pasar yaitu suku cadang asli (originil) dan suku cadang lokal. Suku cadang asli berharga lebih tinggi daripada suku cadang lokal. Sebagian besar masyarakat kita lebih cenderung memilih suku cadang lokal yang berharga lebih murah yang tentunya kualitas juga tidak nomor satu. Berbeda dengan pasar suku cadang mobil Eropa yang hanya memiliki pasar tunggal suku cadang mobil sehingga konsumen yang memiliki mobil Eropa dengan terpaksa harus membeli suku cadang yang asli dengan kualitas nomor satu.

KESIMPULAN

Hasil analisa data uji emisi kendaraan di kota Palembang untuk melihat opasitas kendaraan berbahan bakar diesel maka dari tiga perlakuan yang diberikan yaitu:

1. Perlakuan berdasarkan tahun produksi kendaraan,
2. Perlakuan menurut Kapasitas isi silinder
3. Perlakuan menurut merk kendaraan,

Maka disimpulkan bahwa Opasitas rata-rata yang dikeluarkan oleh mobil produksi \leq tahun 2000 lebih besar daripada mobil tahun produksi $>$ tahun 2000. Sementara berdasarkan kapasitas (cc) kendaraan yang menghasilkan opasitas paling rendah (memiliki opasitas baik) adalah kendaraan dengan cc 3900, kemudian kendaraan dengan cc 3300-3400. Atau dengan kata lain dari koefisien korelasi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kapasitas isi silinder mobil berbahan bakar jenis solar akan menghasilkan opasitas yang lebih kecil (kecuali kendaraan dengan cc 4200). Opasitas kendaraan berdasarkan merk kendaraan menunjukkan bahwa mobil buatan eropa secara umum memiliki opasitas yang lebih kecil daripada mobil-mobil buatan jepang dan Korea selatan. Hal penting yang perlu disimpulkan pula bahwa perawatan kendaraan (*maintenance*) serta penggantian suku cadang juga memainkan peranan penting dalam menjaga emisi gas buang polutan ke udara menjadi lebih baik dan menyehatkan lingkungan kita.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2011, *Laporan Profil Kabupaten/Kota Palembang*.
 Carbajo and Faiz Air pollution from motor vehicles: issues and options for Latin American countries. *Science of The Total Environment*, 169: 1-3, 303-310.
 Dessy Gusnita, Sofiati, 2010, *Analisis Emisi Hasil Uji Petik Kendaraan Bermotor di Propinsi DKI Jakarta*, Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa, LAPAN.
 Rao, M.N., Rao, H.V.N., 1994, *Air Pollution*, McGraw-Hill, New Delhi.,
 Thiessen, Frank J., Dales, Davis N., 1997, *Diesel Fundamental and Service*, 3rd edition, Prentice-Hall, New Jersey.,
 Vincent Gasperz, 1991, *Metode Perancangan Percobaan*, Armico, Bandung.,

