



## Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



# Analisis Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Standar Euro 2 dan Euro 4: Studi Kasus ada Pengujian Tipe/Type Approval di Indonesia

Mohammad Syafrizal<sup>a</sup>, Dikpride Despa<sup>b</sup>, Ratna Widyawati<sup>c</sup> dan Awaludin Yoga<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Itera, Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kec. Jatiagung, Lampung Selatan 35365

<sup>a</sup>Dinas Perhubungan Provinsi Lampung, Jl. Cut Mutia No. 76, Bandar Lampung 35 215

<sup>b</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

<sup>c</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

<sup>d</sup>Staf pada Balai Pengujian Laik Jalan dan Sertifikasi Kendaraan Bermotor Jl. Raya Setu Cibuntu, Cibitung, Bekasi 17520

## INFORMASI ARTIKEL

## ABSTRAK

### Riwayat artikel:

Diterima 06/03/2023

Direvisi tgl/bln/tahun (pengiriman artikel kedua setelah revisi; contoh Direvisi .....

### Kata kunci:

Emisi Kendaraan Bermotor

Euro II

Euro IV

Type Approval

Pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor di dunia saat ini mengacu pada beberapa standar dunia. Indonesia dan negara-negara di ASEAN sudah bersepakat untuk menggunakan standar regulasi pengujian emisi gas buang yang mengacu pada *UN Regulation*. Pemberlakuan standar emisi gas buang Euro 4 telah disiapkan. Sampai dengan tahun 2022 Indonesia masih menerapkan standar Euro 2 (untuk mesin diesel), namun regulasi untuk standar Euro 4 yang lebih ketat sudah disiapkan dalam Peraturan Menteri LHK No. P.20 tahun 2017 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, N dan O. Beberapa permintaan dari kalangan industri kendaraan bermotor untuk pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor standar Euro 4 sudah mulai dilakukan. Pada artikel ini akan membandingkan pengujian emisi standar Euro 2 dan Euro 4 beserta analisisnya. Metodologi menggunakan eksperimental dengan pengujian kendaraan di atas *chassis dynamometer* dengan siklus eropa (ECE R 83). Hasilnya adalah secara umum data pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor standar Euro 4 relatif lebih rendah dari Euro 2, kecuali di beberapa hasil uji. Antara lain data HC+NOx data keempat, standar Euro 4 adalah 0,253 gr/km dan Euro 2 adalah 0,129 gr/km. Kemudian pada data PM data keempat, standar Euro 4 adalah 0,027 gr/km dan Euro 2 adalah 0,001 gr/km.

## 1. Pendahuluan

Pencemaran udara terjadi ketika udara berisi gas, debu, asap dan bau dalam jumlah yang berbahaya. Artinya, jumlah yang berbahaya bagi kesehatan atau kenyamanan manusia dan hewan; atau yang dapat menyebabkan kerusakan tanaman dan material

(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/>).

Penyebab utama polusi udara perkotaan adalah penggunaan bahan bakar fosil (batubara, minyak dan gas alam) dalam sektor transportasi, pembangkit listrik, industri dan domestik.

Tingkat pencemaran udara di kota-kota Asia melebihi yang direkomendasikan Organisasi Kesehatan Dunia dengan *smoke* dan partikel debu dua kali rata-rata dunia (Gary Haq et al, 2008). Tingkat keparahan masalah polusi udara di kota-kota Asia mencerminkan tingkat dan laju pembangunan ekonomi dan efektivitas manajemen kualitas udara dan upaya yang dilakukan saat ini. Berdasarkan data yang didapat dari *United States Department of Trade and Industry* (2001), pemakaian bahan bakar fosil pada berbagai sektor mulai dari yang terkecil adalah sektor pelayanan umum, kegiatan industri, kegiatan domestik, dan yang paling besar adalah kegiatan transportasi. Pencemaran utama hasil pembakaran dari kendaraan bermotor meliputi CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC dan PM.

Salah satu penelitian tentang emisi kendaraan bermotor dilakukan (Revindra Kumar et al, 2010). Pendekatan pengukuran emisi di jalan, *chassis dynamometer* dan *traffic micro-simulation* adalah metode populer untuk menentukan faktor emisi kendaraan. Hasil dari pendekatan yang berbeda secara signifikan diubah oleh faktor-faktor seperti *driving cycle* dan ukuran *engine* yang digunakan. Ada penyimpangan yang signifikan dalam faktor-faktor emisi dari persyaratan peraturan standar untuk siklus mengemudi yang berbeda dan ukuran *engine* yang berbeda untuk sepeda motor di Edinburgh. Sedangkan Christian Thiel et al, 2010, membandingkan *well-to-wheel* emisi CO<sub>2</sub>, biaya dan CO<sub>2</sub> mengurangi biaya mobil di Eropa, termasuk *gasoline vehicle*, *diesel vehicle*, *gasoline hybrid*, *diesel hybrid*, *plug in hybrid* dan *battery electric vehicle*. Perbandingan prediktif dibuat untuk tahun 2010, 2020 dan 2030 di bawah skenario kebijakan energi baru di Eropa. Hasil studi menunjukkan bahwa elektrifikasi kendaraan menawarkan peluang signifikan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dalam transportasi jalan ketika didukung kebijakan yang tepat untuk mengdekarbonisasi.

Artikel ini membahas permasalahan hasil pengujian emisi kendaraan bermotor *type approval* standar Euro 2 dan 4 dan

faktor-faktor yang mempengaruhinya untuk mobil penumpang (*passenger car*) mesin diesel (*compression ignition/CI*).

### 1.1. Jumlah Kendaraan Uji

Dilakukan pengambilan data masing masing 5 hasil uji CI standar Euro 2 dan Euro 4. Kendaraan CI akan dibandingkan antara standar Euro 2 dan Euro 4, kemudian dianalisis hasil pengujiannya.

### 1.2. Parameter yang Diuji

Parameter yang diuji adalah karbon monoksida (CO), nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC) dan partikulat matter (PM).

### 1.3. Reference Fuel

*Reference fuel* menggunakan bahan bakar yang tersedia di pasaran di Indonesia, diantaranya untuk kendaraan CI: Pertamina Dex dan Shell Diesel.

## 2. Metodologi

Penelitian dilakukan dengan skala laboratorium dan bersifat penelitian kuantitatif. Bersifat kuantitatif karena mengandung suatu besaran dengan menggunakan alat tertentu. Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari laboratorium pengujian yang terakreditasi ISO/IEC 17025:2005.

### 2.1. Jenis Penelitian

Eksperimental

### 2.2. Metode dan Sumber Pengumpulan Data

Metode kuantitatif.

Sumber pengumpulan data: seperangkat data sekunder dari BPLJSKB Kemenhub dan BT2MP-BRIN

### 2.3. Analisis data

Perhitungan manual, simulasi, deskripsi data dan interpretasi data.

### 2.4. Metode Uji

Metode uji menggunakan metode eksperimental, yaitu pengujian kendaraan *type approval* di atas *chassis dynamometer* dengan siklus Eropa (UN ECE R83-05). Ada 2 (dua) pengukuran pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu *hot start* dan *cold start*.

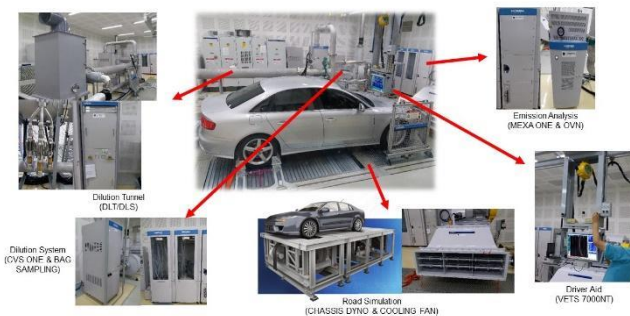
#### a. Hot Start

Pengukuran emisi baru dilakukan setelah kendaraan uji *passenger car* dinyalakan selama 40 detik. Kendaraan dikondisikan sesuai prosedur yang ditentukan

#### b. Cold Start

Pengukuran emisi langsung dilakukan saat kendaraan uji *passenger car* dinyalakan.

## Chassis dynamometer testing



Gambar 1. *Chassis dynamometer testing* standar prosedur uji UN ECE R83-05

Sumber: BPLJSKB

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Analisis tabel CI Euro 2 dan Euro 4

**Tabel 1.** Seperangkat data pengujian parameter HC+NO<sub>x</sub> standar Euro 2 dan Euro 4 (satuan: gr/km)

Standar	HC+NO <sub>x</sub>				
	x				
CI Euro 2	0,372	1,071	0,101	0,129	0,058
CI Euro 4	0,075	0,046	0,073	0,253	0,051

**Tabel 2.** Seperangkat data pengujian parameter CO standar Euro 2 dan Euro 4 (satuan: gr/km)

Standar	CO				
CI Euro 2	0,516	0,704	0,044	0,136	0,127
CI Euro 4	0,017	0,116	0,008	0,079	0,044

**Tabel 3.** Seperangkat data pengujian parameter PM standar Euro 2 dan Euro 4 (satuan: gr/km)

Standar	PM				
CI Euro 2	0,033	0,035	0,001	0,001	0,000
CI Euro 4	0,001	0,000	0,000	0,027	0,000

**Tabel 4.** Seperangkat data pengujian parameter HC standar Euro 2 dan Euro 4 (satuan: gr/km)

Standar	HC				
CI Euro 2	0,039	0,120	0,021	0,020	0,008
CI Euro 4	0,014	0,038	0,012	0,016	0,027

**Tabel 5.** Seperangkat data pengujian parameter NO<sub>x</sub> standar Euro 2 dan Euro 4 (satuan: gr/km)

Standar	NO <sub>x</sub>				
CI Euro 2	0,333	0,951	0,079	0,109	0,051
CI Euro 4	0,061	0,008	0,062	0,237	0,024

Hasil pengujian yang didapat untuk parameter HC+NO<sub>x</sub> terlihat bahwa hasil pengujian untuk CI Euro 4 relatif lebih rendah dari CI Euro 2, kecuali pada data keempat hasil uji CI Euro 4 sedikit lebih tinggi dari CI Euro 2 dan data kelima hasil uji nilainya sama.

Hasil pengujian untuk parameter CO terlihat bahwa seluruh hasil pengujian untuk CI Euro 4 lebih rendah dari CI Euro 2. Sedangkan untuk parameter PM terlihat bahwa hasil pengujian untuk CI Euro 4 relatif lebih rendah dari CI Euro 2, kecuali pada data keempat hasil uji CI Euro 4 lebih tinggi dari CI Euro 2

Hasil pengujian untuk parameter HC terlihat bahwa hasil pengujian CI Euro 4 relatif lebih rendah dari CI Euro 2, kecuali data kelima hasil uji CI Euro 4 lebih tinggi dari CI Euro 2. Sedangkan untuk parameter NO<sub>x</sub> terlihat bahwa hasil pengujian

CI Euro 4 relatif lebih rendah dari CI Euro 2, kecuali data keempat hasil uji CI Euro 4 lebih tinggi dari CI Euro 2

Emisi gas buang yang dihasilkan suatu kendaraan bermotor dapat diketahui dari pembakaran pada mesin apakah sempurna atau tidak. Sempurna atau tidaknya pembakaran tergantung pada campuran bahan bakar dan udara. Campuran terlalu banyak bahan bakar disebut campuran kaya (*rich*) atau campuran terlalu banyak udara disebut campuran kurus (*lean*) (Bambang Sugiarto, 2007).

Gambar 3. Grafik  $A/F$  ratio, pengaruh jenis campuran bahan bakar dan udara terhadap kandungan emisi gas buang

Sumber: <https://board.moparts.org>

#### AMBANG BATAS EMISI EURO 2 DENGAN STANDAR PROSEDUR UJI UN ECE R83-04

- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 04 tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru

#### AMBANG BATAS EMISI EURO 4 DENGAN STANDAR PROSEDUR UJI UN ECE R83-05

- Peraturan Menteri LHK Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 Tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, Kategori N, dan Kategori O



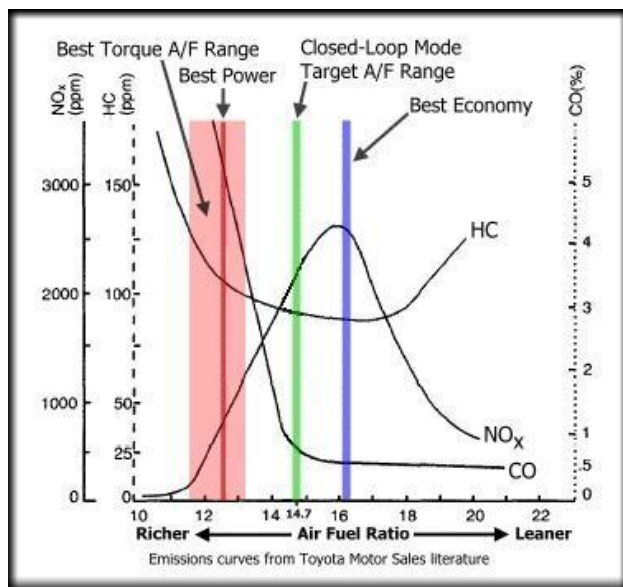
Gambar 2. Ambang batas emisi Euro 2 dan Euro 4 standar prosedur uji UN ECE R83-05

Sumber: BPLJSKB

Pada proses pembakaran sempurna, hasil emisi gas buang yang terbentuk adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Sedangkan proses pembakaran tidak sempurna menghasilkan emisi gas buang berupa CO, NOx, HC dan partikulat pengotor lainnya.

HC merupakan sisa bahan bakar yang tidak ikut terbakar pada proses pembakaran. CO terbentuk akibat kurangnya kadar  $\text{O}_2$  dalam proses pembakaran, sehingga yang terbentuk bukan  $\text{CO}_2$  melainkan CO. Hal ini disebabkan HC yang ada berikatan dengan  $\text{O}_2$  akibat proses pembakaran yang tidak sempurna. Untuk emisi gas buang NOx terbentuk pada temperatur tinggi saat campuran udara dengan bahan bakar berlebih.

Analisa emisi gas buang dapat dijelaskan dengan korelasi antara  $A/F$  ratio dengan konsentrasi keluaran emisi gas buang tersebut. Korelasi tersebut dinyatakan oleh grafik  $A/F$  ratio pada Gambar 3.



Terlihat pada grafik di atas bahwa pengukuran konsentrasi  $\text{O}_2$  nilai terendah diberikan pada saat  $A/F$  ratio pada level campuran kaya. Sebaliknya konsentrasi  $\text{O}_2$  nilai tertinggi pada saat  $A/F$  ratio pada level campuran kurus.

Konsentrasi CO pada campuran kaya menunjukkan nilai yang tinggi, hal ini disebabkan pada campuran yang kaya jumlah udara relatif rendah sehingga banyak terbentuk CO akibat gagalnya terbentuk  $\text{CO}_2$  karena kekurangan udara. Sebaliknya terjadi pada campuran kurus. Pada campuran kurus konsentrasi CO berkurang drastis karena banyak terdapat udara yang mengakibatkan  $\text{CO}_2$  dapat dengan mudah terbentuk. Pada campuran kaya, konsentrasi  $\text{CO}_2$  dapat terus meningkat sampai mencapai nilai maksimum pada nilai  $A/F$  ratio 14,7:1, kemudian

kembali menurun saat memasuki daerah campuran kurus. Hal ini disebabkan karena pada daerah campuran kaya, terdapat banyak bahan bakar yang tidak terbakar/*unburned fuel*. Hal ini menunjukkan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna karena kurangnya jumlah udara.

Konsentrasi HC pada campuran kaya menunjukkan nilai yang tinggi dan sebaliknya pada campuran yang kurus. Hal ini sesuai dengan teori mengingat HC menunjukkan konsentrasi dari bahan bakar yang tidak terbakar.

Konsentrasi NOx menunjukkan nilai yang meningkat pada campuran yang kurus karena gas tersebut terbentuk secara maksimal pada pembebanan mesin yang tinggi dan pada campuran yang kurus.

Emisi gas buang kendaraan bermotor *particulate matter* (PM) tersusun atas partikel jelaga, hidrokarbon dan kandungan sulfur yang terdapat pada bahan bakar tersebut (Technical Working Group European Commission, 1997). *particulate matter* merupakan senyawa dengan kandungan karbon yang

tinggi dan tidak terbakar di dalam ruang pembakaran dan dikeluarkan pada saat langkah buang.

Analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa campuran udara dengan bahan bakar (*A/F ratio*) memberikan nilai optimum untuk kinerja mesin pada nilai perbandingan 14,7:1. Hal ini dapat ditunjukkan dari tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub> pada nilai *A/F ratio* dan diketahui sebelumnya bahwa tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub> pada nilai *A/F ratio* tersebut dan telah diketahui sebelumnya bahwa tingginya konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terbentuk menunjukkan pembakaran yang terjadi adalah pembakaran sempurna.

### 3.2 Analisa pengujian type approval Euro 2 dan Euro 4

Hasil pengujian *type approval* Euro 2 dan Euro 4 yang didapatkan, secara umum terlihat bahwa hasil uji Euro 4 relatif lebih rendah dari Euro 2. Hal ini wajar sebab secara regulasi ambang batas emisi gas buang untuk Euro 4 lebih ketat daripada Euro 2. Namun dari hasil pengujian didapat beberapa hal yang menarik. HC, NO<sub>x</sub> dan PM ada beberapa hasil uji emisi gas buang standar Euro 4 lebih besar dari Euro 2. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa hal.

Pertama, kualitas *reference fuel* yang digunakan untuk standar Euro 4 tidak sesuai yang diminta oleh regulasi. Pertamina Dex memiliki kandungan sulfur yang melebihi nilai yang ditentukan regulasi, yaitu nilai sulfur 300 ppm. Sedangkan sesuai aturan Euro 4 sulfur yang dikandung tidak melebihi 50 ppm. Hal ini bisa menyebabkan hasil uji emisi yang dilaksanakan mendapatkan nilai yang rendah walaupun secara ambang batas masih aman.

Kedua, terkait pengujian *hot start* dan *cold start*. Pada pengujian *hot start* pada Euro 2, ada jeda waktu 40 detik dari permulaan pengujian yang tidak dihitung emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan uji tersebut. Hasil emisi gas buang kendaraan bermotor 40 detik pertama adalah signifikan dalam perhitungan emisi dan bisa menurunkan hasil emisi gas buang kendaraan uji tersebut. Sebaliknya untuk *cold start* pada Euro 4, perhitungan emisi gas buang kendaraan uji sudah dimulai dari detik pertama pengujian dan bisa berkontribusi terhadap nilai akhir pengujian emisi kendaraan tersebut.

## 4. Kesimpulan

Secara umum data pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor parameter HC+NO<sub>x</sub>, CO dan PM standar Euro 4 relatif lebih rendah dari Euro 2, kecuali di beberapa hasil uji. Antara lain data HC+Nox data keempat, standar Euro 4 adalah 0,253 gr/km dan Euro 2 adalah 0,129 gr/km. Kemudian pada data PM data keempat, standar Euro 4 adalah 0,027 gr/km dan Euro 2 adalah 0,001 gr/km. Regulasi mempersyaratkan ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor standar Euro 4 lebih ketat daripada Euro 2. Hasil ini bisa tercapai apabila adanya peningkatan perbaikan teknologi kendaraan bermotor dan kualitas bahan bakar yang lebih baik. Namun ada perhitungan yang kurang saat metode *hot start* dan *cold start* dilakukan. Dimana dalam perhitungan *hot start* 40 detik pertama tidak dimasukkan dalam perhitungan emisi gas buang, berbeda dengan *cold start* dimana sejak detik pertama sudah dihitung emisi yang dihasilkan kendaraan uji tersebut. Kualitas bahan bakar (*reference fuel*) yang tidak sesuai standar patut diduga menyebabkan emisi yang dihasilkan masih cukup tinggi.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Pengujian Laik Jalan dan Sertifikasi Kendaraan Bermotor (BPLJSKB) Kemenhub dan Balai Teknologi Termodinamika, Motor dan

Propulsi (BT2MP) BRIN atas data-data uji kendaraan yang diberikan.

## Daftar pustaka

- Bambang Sugiarto. (2005) *Motor Pembakaran Dalam*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Christian Thiel, Adolfo Perujo, Arnaud Mercier. (2010) Cost and CO<sub>2</sub> aspects of future vehicle options in Europe under new energy policy scenarios, *Elsevier, Energy Policy*.
- Gary Haq and Dieter Schwela. (2008) *Urban Air Pollution in Asia*, Stockholm Environment Institute.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/>, akses 26 Desember 2022
- <https://board.moparts.org> akses 24 Februari 2023
- Peraturan Menteri LHK No. P.20 tahun 2017 tentang *Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, N, O*.
- Ravindra Kumar, B.K. Durai, Wafaa Saleh, Colin Boswell. (2010) Comparison and evaluation of emissions for different driving cycles of motorcycles: A note, *Elsevier, Transportation Research part D*.
- Technical Working Group European Commission. 1997. *Ambient Air Pollution by Particulate Matter*