

Analisis emisi gas buang kendaraan bermotor (angkutan umum penumpang) di Kabupaten Manokwari

Hendri Irnawan Saputro¹⁾, Eko Agus Martanto^{1)*} dan Umi Yuminarti¹⁾

¹⁾Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98314, Indonesia

*Email: e_a_martanto@yahoo.com

Disubmit: 12 April 2021, direvisi: 03 Januari 2022, diterima: 20 Januari 2022

Doi: <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v5.i1.100>

ABSTRACT: Transportation is very instrumental directly in the process of development, due to the transportation community easily perform the displacement from a site to the other, thus accelerating the growth of the economy in large cities and villages. However, such transport is not feasible and provide negative impact to the environment in the form of air pollution. The purpose of research was to (1). analyse large concentrations of CO, HC, CO₂ and O₂ in the emission gas exhaust, (2). analyse the effect of emission gas exhaust of vehicles public transport, and (3) analyse the influence of the characteristics of public transport vehicles against the concentration of CO and HC test emissions existed in the District Manokwari. The research was a kind of quantitative research where all the data needed for the analysis were obtained directly. The data directly required were data obtained by measuring the amount of emission, the characteristics of the operational public transport, interviews, and analysis of regression linear multiple by using SPSS 25. The results of the study showed that the average amount of emission gas exhaust of public transport vehicles in the District Manokwari is CO at 2.13 %, HC at 534.60 ppm, CO₂ at 12.96% and O₂ at 2.71%. Most of the public transport operating in the city of Manokwari issued emission gas exhaust exceeded the threshold limit that has been set and has the potential to pollute the air or do not pass the test of emissions by 63.50% and only 36.5% in transport public passed the test of emission gas exhaust. In addition, the results of the test emission coefficient of the regression were simultaneously throughout the variables affecting the emission of CO and HC.

Keywords: Transportation, vehicle emissions test, characteristics of the vehicle.

PENDAHULUAN

Transportasi sangat berperan secara langsung dalam proses pembangunan, karena dengan adanya transportasi masyarakat mudah melakukan perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain, sehingga mempercepat pertumbuhan ekonomi didesa dan dikota besar. Namun demikian transportasi yang tidak

layak dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan berupa pencemaran udara (Tanan, 2011).

Indonesia memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi sehingga mengakibatkan naiknya jumlah kendaraan bermotor. Hal ini berdampak pada kompleksnya permasalahan yang disebabkan pencemaran udara yang

dapat mengganggu kesehatan manusia, sejalan dengan penelitian Hickman (1999), yang menyatakan bahwa di negara-negara Eropa peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan jumlah penduduk.

Berdasarkan evaluasi Kementerian Lingkungan hidup telah terjadi penurunan kualitas udara perkotaan, dimana sektor transportasi mendominasi sekitar 90% polusi udara dari sektor transportasi seperti emisi gas buang pada kendaraan bermotor. Untuk mengantisipasi hal tersebut, Pemerintah Indonesia membuat dan mengeluarkan Undang-Undang (UU) Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan kepada pengguna kendaraan bermotor yang menghasilkan polusi udara, guna menekan jumlah pencemaran udara yang sangat besar yang menggunakan bahan bakar minyak (bahan bakar fosil) kepada setiap pengguna kendaraan bermotor.

Pencegahan dan penanggulangan lingkungan hidup sebagai akibat masalah transportasi diatur dalam pasal 29 ayat (1) UU Nomor 22 tahun 2009, yang menyebutkan “Untuk menjamin kelestarian lingkungan dalam setiap kegiatan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan harus dilakukan pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan hidup untuk memenuhi ketentuan baku mutu lingkungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan” (Republik Indonesia, 2009). Sesuai dengan peraturan tersebut pasal 5 ayat 2 dijelaskan bahwa setiap kendaraan bermotor yang dioperasikan di wilayah daerah wajib dilakukan uji emisi gas buang berkala kendaraan bermotor. Masa berlaku uji emisi gas buang tersebut berlaku selama 6 bulan.

Namun terdapat beberapa negara yang memiliki standar emisi tidak terlalu ketat, hanya mengukur empat unsur dalam gas buang yaitu senyawa HC, CO,

CO₂ dan O₂, termasuk Indonesia (Gunandi, 2010).

Pada saat ini transportasi khususnya angkutan umum penumpang maupun angkutan umum barang di Kabupaten Manokwari jauh dari kondisi layak. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi, menyebabkan pencemaran udara (polutan) semakin meningkat, sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas hidup Manusia (Arafah, et al, 2013). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Manokwari, jumlah kendaraan dari tahun ke tahun di Kabupaten Manokwari mengalami kenaikan. Adapun jumlah kendaraan angkutan umum penumpang di Kabupaten Manokwari sampai dengan tahun 2019 berjumlah (712) unit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis emisi gas buang angkutan umum yang beroperasi di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 9 bulan dan pengolahan data selama kurang lebih satu bulan, terhitung mulai Juni 2020 s/d April 2021 di Terminal Wosi Kabupaten Manokwari.

Alat dan Bahan:

Alat uji emisi *Portable Gas Analyzer*, kuisisioner, kendaraan uji, laptop, kamera.

Metode dan Teknik Penelitian

Penelitian ini merupakan bersifat kuantitatif. Data yang dibutuhkan untuk analisis diperoleh secara langsung. Penentuan sampel kendaraan angkutan umum dalam penelitian ini dilakukan secara insidental. Data yang diperlukan diperoleh secara langsung yaitu data hasil pengukuran besaran emisi,

karakteristik operasional angkutan umum, dan wawancara.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diukur untuk mengetahui hubungan antara jenis kendaraan angkutan umum berpengerak cetus api terhadap tingkat pencemaran udara.

1. Parameter hasil uji emisi adalah CO, HC, CO₂, dan O₂.
2. Karakteristik kendaraan angkutan umum kapasitas silinder. Panjang perjalanan, sistem pembakaran diukur berdasarkan penggunaan tipe mesin. *Full injection*= 2, Karburator= 1. Umur kendaraan di ukur berdasarkan usia kendaraan yang dihitung sejak tahun pembuatan hingga saat penelitian dilakukan. Perawatan kendaraan terdiri atas;

Kategori Perawatan	Rentang Waktu
Sering	1 - < 3 bulan
Kadang-kadang	4 - < 6 bulan
Jarang	6 - < 8 bulan
Tidak Pernah	-

Analisis Data

Analisis data untuk menjawab tujuan pertama dilakukan menggunakan tabulasi hasil uji emisi gas buang pada kendaraan angkutan umum. Tujuan kedua melihat tingkat pencemaran emisi gas buang pada kendaraan angkutan umum berpengerak cetus api. Data lapangan dibandingkan dengan data ambang batas yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor: 05 Tahun 2006 sehingga diperoleh data kendaraan yang lolos uji dan tidak lolos uji emisi (Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2006).

Tujuan ketiga pengaruh karakteristik kendaraan terhadap kandungan emisi CO dan HC, dianalisis menggunakan regresi linier, model hubungan

antara emisi gas buang dengan karakteristik kendaraan mengikuti fungsi persamaan sesuai dengan persamaan menurut Ghozali (2005).

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + e$$

dimana :

- Y = Emisi gas buang (CO dan HC)
- X₁ = Kapasitas silinder
- X₂ = Panjang perjalanan
- X₃ = Sistem Pembakaran
- X₄ = Umur kendaraan
- X₅ = Perawatan kendaraan
- e = variabel pengganggu
- b₁₋₅ = Koefisien regresi variable karakteristik kendaraan (x₁ - x₅).

Digunakan uji-F untuk mengetahui tingkat signifikan pengaruh variable bebas X (karakteristik kendaraan) terhadap variabel tidak bebas Y (emisi gas buang) secara bersama-sama (simultan). Uji-t digunakan untuk mengetahui tingkat signifikan pengaruh variable bebas X terhadap variable tidak bebas Y secara terpisah (partial). Adapun hipotesis yang untuk menjawab tujuan kedua adalah:

H₀ = Variabel-variabel bebas: kapasitas silinder, panjang perjalanan, sistem pembakaran, umur kendaraan, perawatan kendaraan tidak berpengaruh signifikan terhadap variable terikat emisi gas buang.

H₁ = Variabel-variabel bebas: kapasitas silinder, panjang perjalanan, sistem pembakaran, umur kendaraan, perawatan kendaraan berpengaruh signifikan terhadap variable terikat emisi gas buang.

Dengan menggunakan angka probabilitas signifikansi maka :

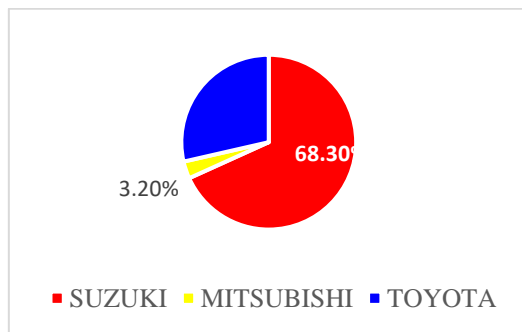
- a. Probabilitas signifikansi > 0,05, terima H₀ dan tolak H₁
- b. Probabilitas signifikansi < 0,05, tolak H₀ dan terima H₁.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kendaraan Umum

Merek Produsen Mobil Penumpang

Hanya ditemui 3 (tiga) merek produsen mobil yaitu Toyota, Suzuki dan Avanza. Hal ini berarti mayoritas merek produsen mobil penumpang yang beroperasi di Manokwari didominasi oleh ketiga merek tersebut (Gambar 1).



Gambar 1. Merk Produsen Mobil

Gambar 1 memperlihatkan mayoritas merek mobil penumpang berbahan bakar cetus api yang terlibat dalam penelitian ini adalah mobil penumpang dengan merk Suzuki (43 unit), Toyota (18 unit) dan Mitsubishi (2 unit).

Kapasitas Silinder

Mayoritas silinder kendaraan umum berbahan bakar bensin yang menjadi sampel dalam penelitian ini berkapasitas < 2.000 CC (62 kendaraan) sedangkan antara 2.000 – 3.000 CC hanya satu kendaraan (Tabel 1). Data pada Tabel 1 memperlihatkan mayoritas

kendaraan penumpang yang beroperasi di Manokwari berkapasitas silinder < 2000 CC dan mayoritas bermerek Suzuki. Meskipun demikian terdapat 1 kendaraan bermerek Mitsubishi yang memiliki kapasitas silinder antara 2.000 – 3.000 CC. Pada kendaraan berbahan bakar bensin, kapasitas silinder dan proporsi campuran antara bahan bakar dan gas berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pembakaran (Syahrani, 2006).

Panjang Perjalanan

Karakteristik panjang perjalanan yang telah ditempuh oleh kendaraan sesuai dengan hasil pembacaan pada odometer mobil (Tabel 2). Data panjang perjalanan menunjukkan bahwa semakin tua umur kendaraan memiliki jarak tempuh yang semakin panjang. Hal ini akan berdampak pada besarnya emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan. Karena semakin panjang perjalanan suatu kendaraan maka konsentrasi emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan semakin meningkat (Wayunadjati, 2011).

Sistem Pembakaran

Jumlah mobil penumpang berdasarkan sistem pembakaran (Tabel 4.3). Mayoritas sistem pembakaran kendaraan umum yang menjadi sampel memiliki sistem pembakaran injeksi (52 unit). Sedangkan yang memiliki sistem pembakaran karburator sebanyak 11 unit (Tabel 3).

Tabel 1. Merek dan Kapasitas Silinder Kendaraan Penumpang

No	Merek	Kapasitas Silinder		
		< 2000 CC	2000 - 3000 CC	> 3000 CC
1	Suzuki	43	-	-
2	Toyota	18	-	-
3	Mitsubishi	1	1	-
Jumlah		62	1	-

Tabel 2. Panjang Perjalanan Kendaraan

No	Panjang Perjalanan (KM)		Umur (Tahun)					Jumlah
			0-2	3-5	6-8	9-11	12-45	
1	45000	- 180000	-	3	4	3	2	12
2	180001	- 315000	-	-	5	6	5	16
3	315001	- 450000	-	-	1	3	15	19
4	450001	- 585000	-	-	-	2	1	3
5	585001	- 720000	-	-	1	-	1	2
6	720001	- 855000	-	-	-	-	3	3
7	855001	- 990000	-	-	-	-	8	8
Total			0	3	11	14	35	63

Tabel 3. Sistem Pembakaran Kendaraan

No	Merek	Injeksi	Karburator	Jumlah
1	Suzuki	34	9	43
2	Toyota	17	1	18
3	Mitsubishi	1	1	2
Jumlah		52	11	63

Umur kendaraan

Karakteristik umur kendaraan (Tabel 4). Tabel 4 memperlihatkan mayoritas kendaraan penumpang yang beroperasi di Kota Manokwari memiliki umur ≥ 12 tahun sebanyak 35 kendaraan. Kendaraan paling tua berumur 28 tahun, sedangkan yang paling baru berumur 3 tahun. Tidak ada kendaraan penumpang yang berumur < 2 tahun. Kendaraan dengan umur 3-5 tahun merupakan yang termuda berjumlah 3 kendaraan keluaran produsen Suzuki. Kendaraan produsen Mitsubishi keduanya memiliki umur ≥ 12 tahun.

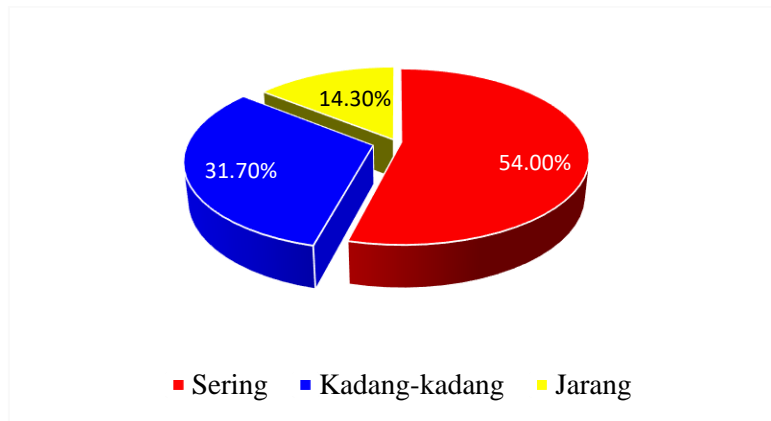
Perawatan

Persentase kendaraan angkutan umum berdasarkan frekuensi

perawatannya dapat dilihat pada Gambar 2. Mayoritas pemilik mobil sering melakukan perawatan mobil (54%), sekitar 31,7% pemilik mobil kadang-kadang melakukan perawatan dan hanya sekitar 14,3% pemilik mobil yang jarang melakukan perawatan. Gambar 2 menjelaskan bahwa mayoritas pemilik kendaraan sadar mengenai pentingnya melakukan perawatan terhadap kendaraan. Meskipun demikian dalam penelitian ini tidak diketahui kualitas perawatan yang dilakukan. Kualitas perawatan yang baik akan mengurangi kandungan emisi gas CO dan CO₂, sebaliknya kualitas perawatan yang buruk akan menghasilkan kandungan emisi CO dan CO₂ yang semakin besar (Rindani, 2011).

Tabel 4. Profil Umur Kendaraan

No	Merek	Umur (Tahun)					Total
		0-2	3-5	6-8	9-11	12-45	
1	Suzuki	-	3	9	7	24	43
2	Toyota	-	-	2	7	9	18
3	Mitsubishi	-	-	-	-	2	2
Jumlah		-	3	11	14	35	63



Gambar 2. Persentase kendaraan angkutan umum berdasarkan frekuensi perawatan

Konsentrasi CO, HC, CO₂, dan O₂ pada Emisi Gas Buang Kendaraan Angkutan Umum

Hasil penelitian menegaskan konsentrasi CO maksimal kendaraan angkutan umum berpengerak cetus api di stasiun pemeriksaan Terminal Wosi (Tabel 5).

Hasil Uji Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Angkutan Umum Terhadap Pencemaran Udara

Terdapat empat unsur yang diukur yaitu senyawa HC, CO, CO₂ dan O₂. Hasil uji emisi gas buang terhadap

pencemaran udara kendaraan angkutan umum di Terminal Wosi Type B (Tabel 6). Data pada Tabel 6 memperlihatkan mayoritas angkutan umum yang diperiksa dalam penelitian ini tidak lulus uji emisi gas buang yaitu 40 kendaraan (63,50%) dan hanya 23 kendaraan (36,50%) yang lulus uji emisi gas buang. Hal ini menjelaskan bahwa mayoritas angkutan umum yang beroperasi di Kota Manokwari mengeluarkan emisi gas buang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dan berpotensi mencemari udara.

Tabel 5. Konsentrasi CO, HC, CO₂ dan O₂ pada Emisi Gas Buang Kendaraan Angkutan Umum

No	Indikator	N	Konsentrasi Emisi Gas Buang				
			Range	Min	Max	Mean	StDev
1	CO (%)	63	9,98	0,02	10,00	2,13	3,13
2	CO ₂ (%)	63	15,90	1,20	17,10	12,96	3,83
3	HC (ppm)	63	2.847,00	48,00	2895,00	534,60	561.40
4	O ₂ (%)	63	18,11	0.00	18,11	2,71	4,10

Tabel 6. Hasil Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Angkutan Umum Terhadap Pencemaran Udara Menurut kelompok Umur di Kabupaten Manokwari.

No	Hasil Uji	Umur (Tahun)					Total	Nisbah (%)
		0-2	3-5	6-8	9-11	12-45		
1	Tidak Lulus Uji	-	2	7	11	20	40	63,50
2	Lulus Uji	-	1	4	3	15	23	36,50
	Jumlah	-	3	11	14	35	63	100,00

Umur kendaraan tidak memiliki hubungan dengan hasil emisi gas buang, karena pada umur kendaraan 12-45 tahun terdapat 42,86% kendaraan yang lulus uji, menunjukkan tingkat lulus uji yang lebih tinggi jika dibandingkan kendaraan dengan umur 9-11 tahun dengan lulus uji 21,43%, atau umur kendaraan 6-8 tahun dengan lulus uji 36,36% dan kendaraan umur 3-5 tahun terdapat 33,33% yang lulus uji. Hal ini diduga disebabkan oleh kondisi non teknis kendaraan misalnya terjadi kebocoran pada pipa pembuangan (knalpot) pada bagian bawah kendaraan sehingga asap tidak seluruhnya masuk ke dalam alat pada saat pengujian emisi. Selain itu perawatan kendaraan juga diduga memberikan kontribusi terhadap emisi kendaraan. Semakin rutin kendaraan melakukan servis maka akan membuat mesin selalu berada pada posisi top performance, sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna akan menghasilkan emisi yang rendah (Rindani, 2011).

Karbon Monoksida (CO)

Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor. Semakin ramai kendaraan bermotor, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara (Fardiaz, 1992). Nevers (2000) menjelaskan, bahwa tiga perempat dari CO yang masuk ke udara berasal dari aktivitas manusia terutama dari kendaraan bermotor yang menggunakan mesin internal engines (Bakeri, et al. 2012).

Yulianti et al., (2014) menjelaskan bahwa apabila gas CO terhisap ke dalam paru-paru akan mengikuti peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen (O_2) yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini terjadi karena gas CO bersifat racun metabolis, ikut bereaksi secara metabolis

dengan darah menjadi karboksihemoglobin (COHb) (Soemirat, 2009). Ikatan karboksihemoglobin jauh lebih stabil dari pada ikatan oksigen dengan darah (oksihemoglobin) (Tugaswati, 2008). Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu (Mukono, 2003).

Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC) yang diproduksi oleh manusia terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya dari pembakaran gas, minyak, arang, kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah, kebakaran hutan dan sebagainya. HC dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, walau HC juga bersifat toksik. Sifat toksik HC akan lebih tinggi jika berupa bahan pencemar gas, cairan dan padatan. Hal ini karena padatan HC (partikel) dan HC (cairan) akan membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya (Tugaswati, 2008). Menurut Soedomo (2001), gangguan pernapasan timbul akibat senyawa hidrokarbon, seperti *laryngitis*, *pharyngitis* dan *brochitis*.

Wardhana (2004) menyatakan bahwa Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara dapat berupa gas, cairan atau padatan. HC merupakan ikatan kimia dari karbon (C) dan hidrogen (H). Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, tidak bereaksi dengan oksigen, sehingga Hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara. Sumber utama adalah gas buang dari kendaraan atau macam-macam alat pembakaran lainnya (Sugiarta, 2008). Akibat yang ditimbulkan bila kepekatan HC bertambah tinggi akan merusak sistem pernapasan

manusia (tenggorokan) terutama yang beracun adalah *Benzena* dan *Toluene*.

Profil umur kendaraan dan kondisi hasil uji emisi gas buang kendaraan digambarkan pada Gambar 3. Gambar 3 memperlihatkan bahwa pada setiap tingkatan umur kendaraan, jumlah kendaraan yang lulus uji seluruhnya lebih kecil jika dibandingkan dengan yang tidak lulus uji.

Inggris membuat kebijakan membatasi usia mobil selama 7 tahun sejak didaftarkan kepada otoritas setempat. Kebijakan ini mulai diimplementasikan pada 1 Januari 2018. Bagi mobil yang diregistrasi sebelum tanggal itu, tidak dikenakan pembatasan usia. Namun mobil yang tidak dikenakan pembatasan harus melewati uji kepatuhan kendaraan sesuai spesifikasi kendaraan yang layak jalan. Secara umum kebijakan pembatasan usia mobil di Inggris diberlakukan untuk menurunkan angka kemacetan dan mengontrol tingkat emisi gas buang mobil yang beredar di seluruh Inggris (Simmamora, 2006)

Di Indonesia baru Provinsi DKI Jakarta yang membatasi umur kendaraan bermotor. Itupun hanya sebatas mobil pribadi melalui Instruksi Gubernur No. 66 Tahun 2019 tentang Pengendalian Kualitas Udara. Instruksi gubernur tersebut salah satu butirnya menyebutkan mobil yang sudah berusia 10 tahun tidak dapat beroperasi di ibu kota. Selain itu mewajibkan kendaraan umum di wilayah Provinsi DKI Jakarta untuk melakukan uji emisi (Gubernur Provinsi DKI Jakarta, 2019).

Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang Kendaraan Angkutan Umum

Emisi gas buang yang dianalisa terbatas pada CO dan HC yang merupakan persyaratan utama yang tertuang dalam Peraturan Menteri

Negara Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2009. Berikut hasil analisis faktor-faktor yang mempengaruhi emisi gas buang kendaraan angkutan umum (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2009).

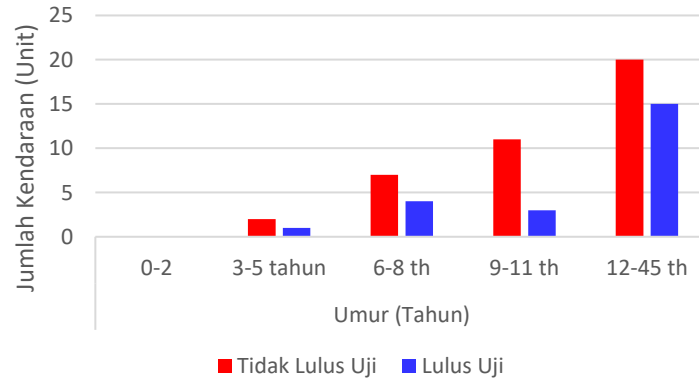
Karbon Monoksida (CO)

Hasil analisis emisi gas buang Karbon Monoksida (CO) diperoleh nilai R^2 sebesar 0,29. Nilai ini dapat diartikan bahwa keragaman emisi gas buang CO dapat dijelaskan oleh model sebesar 29% sedangkan 71%, sisanya dijelaskan oleh variabel di luar model. Nilai korelasi ganda (R) sebesar 0,536 menjelaskan, bahwa terdapat keeratan hubungan yang sedang (Sugiyono, 2011) antara karakteristik kendaraan (X) yang meliputi: kapasitas silinder (X_1), panjang perjalanan (X_2), sistem pembakaran (X_3), umur kendaraan (X_4) dan perawatan kendaraan (X_5) terhadap nilai emisi CO mobil penumpang di Terminal Wosi Type B Kabupaten Manokwari (Y). Hanya 2 variabel yang signifikan mempengaruhi model (Tabel 7) yaitu umur kendaraan (X_4) dan perawatan (X_5), sedangkan 3 variabel lainnya tidak signifikan mempengaruhi model.

Hasil penelitian menjelaskan bahwa perawatan kendaraan berpengaruh terhadap kandungan emisi CO, kendaraan dengan perawatan lebih baik memiliki kandungan emisi CO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kendaraan dengan perawatan jarang. Lupita (2013) menjelaskan bahwa semakin sering dilakukan servis pada sepeda motor maka besaran emisi CO yang dihasilkan akan semakin kecil. Demikian pula sebaliknya semakin jarang dilakukan servis pada sepeda motor maka semakin besar emisi CO yang dihasilkan. Periode servis kendaraan bermotor yang rutin dapat menghambat proses keausan yang akan memperlancar aliran udara dan bahan

bakar sehingga terjadi peningkatan efisiensi kinerja mesin dan pembakaran yang terjadi sempurna dan konsentrasi

emisi CO yang dihasilkan kecil (Purwani, 2004). Hasil uji F disajikan pada Tabel 8.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Hasil Emisi Gas Buang dan Umur Kendaraan

Tabel 7. Hasil Analisis Emisi Gas Buang CO

No	Variabel	Koefisien	Sig
1.	Silinder (X ₁)	3,329	0,254 ^{ns}
2.	Panjang Perjalanan (X ₂)	-0,000003	0,135 ^{ns}
3.	Sistem Pembakaran (X ₃)	0,772	0,614 ^{ns}
4.	Umur Kendaraan(X ₄)	0,179	0,090 ^{**}
5.	Perawatan (X ₅)	1,581	0.004 ^{***}

R= 0,536, R-Sq = 29 %, α = 0,05

***Signifikan pada α 1%, t(57, 1,674)

**Signifikan pada α 5%, t(57, 1,674)

^{ns}Tidak Signifikan

Model regresi linear berganda yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = -5,717 + 3,329X_1 - 0,000003X_2 + 0,772X_3 + 0,179X_4 + 1,581X_5 + \epsilon$$

Dimana:

- | | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| Y | = CO (%) | X ₁ | = Silinder (CC) |
| X ₂ | = Panjang Perjalanan (KM) | X ₃ | = Sistem Pembakaran |
| X ₄ | = Umur Kendaraan (tahun) | X ₅ | = Perawatan |

Tabel 8. Hasil Uji Koefisien Regresi Simultan (Uji F) untuk Emisi CO

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	F _(5,57:0.05)	Kesimpulan
Regression	174,011	5	34,802	4,587	.001 ^b	2,38	Signifikan
1 Residual	432,485	57	7,587				
Total	606,496	62					

a. Dependent Variable: CO

b. Predictors: (Constant), Perawatan, Umur, Silinder, Sistem_Pembakaran, Panjang_perjalanan

Tabel 8 menjelaskan, bahwa semua variable secara simultan (bersama-sama) mempengaruhi nilai emisi CO (Y). Hal ini dijelaskan melalui nilai F-hitung (4,587) yang > nilai F-tabel (2,38). Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa seluruh variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini saling terkait satu dengan yang lainnya secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap nilai CO.

Hidro Karbon (HC)

R² hasil analisis emisi gas buang Hidro Karbon (HC) sebesar 0,631. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa keragaman emisi gas buang HC dapat dijelaskan oleh model sebesar 63,10% sedangkan 36,90% sisanya dijelaskan oleh variabel di luar model. Nilai Korelasi Ganda (R) sebesar 0,794 menjelaskan, bahwa terjadi hubungan yang kuat (Sugiyono, 2017) antara karakteristik kendaraan (X) yang meliputi: kapasitas silinder (X₁), panjang perjalanan (X₂), sistem pembakaran (X₃), umur kendaraan (X₄) dan perawatan kendaraan (X₅) terhadap kandungan emisi HC pada mobil

penumpang di Terminal Wosi Type B kabupaten Manokwari (Y). Tabel 9 memperlihatkan, bahwa terdapat 2 variabel yang signifikan mempengaruhi model yaitu silinder (X₁) dan perawatan (X₅), sedangkan 3 variabel lainnya tidak signifikan mempengaruhi model.

Hasil penelitian menjelaskan bahwa perawatan kendaraan berpengaruh terhadap kandungan emisi CO₂, dimana kendaraan dengan perawatan lebih baik memiliki kandungan emisi CO₂ yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kendaraan dengan perawatan jarang. Lupita (2013) menjelaskan bahwa, semakin rutin kendaraan melakukan servis maka nilai emisi karbon dioksida yang dihasilkan akan semakin tinggi. Karbon dioksida merupakan hasil sampingan dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang stokiometris, semakin rutin kendaraan melakukan servis maka nilai emisi karbondioksida yang dihasilkan semakin tinggi karena dengan melakukan perawatan mesin secara rutin akan membuat mesin selalu berada pada posisi *top performance*, sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna (Nur, 2015).

Tabel 9. Hasil Analisis Emisi Gas Buang HC

No	Variabel	Koefisien	Sig
1.	Silinder (X ₁)	2131.819	0.000***
2.	Panjang Perjalanan (X ₂)	0.0002	0.483 ^{ns}
3.	Sistem Pembakaran (X ₃)	283.935	0.154 ^{ns}
4.	Umur Kendaraan (X ₄)	17.940	0.184 ^{ns}
5.	Perawatan (X ₅)	207.704	0.003***

R= 0,794, R-Sq = 63,1 %

***Signifikan pada α 1%, t-(57, 1,674)

**Signifikan pada α 5%, t-(57, 1,674)

ns = Tidak Signifikan

Model regresi linear berganda yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = - 2.625,425 + 2.131,819X_1 + 0,0002X_2 + 283,935X_3 + 17,940X_4 + 207,704X_5 + \epsilon$$

Dimana :

- | | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| Y | = HC (%) | X ₁ | = Silinder (cc) |
| X ₂ | = Panjang Perjalanan (km) | X ₃ | = Sistem Pembakaran |
| X ₄ | = Umur Kendaraan (tahun) | X ₅ | = Perawatan |

Uji F dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik kendaraan angkutan umum meliputi: kapasitas silinder (X_1), panjang perjalanan (X_2), sistem pembakaran (X_3), umur kendaraan (X_4) dan perawatan kendaraan (X_5) secara bersama-sama (simultan) terhadap nilai emisi HC (Y) (Tabel 10).

Tabel 10 menjelaskan, bahwa secara simultan (bersama-sama) mempe-

ngaruhi nilai emisi HC (Y). Hal ini dijelaskan melalui nilai F-hitung (19,470) > nilai F-tabel (2,38). Hasil penelitian menjelaskan bahwa seluruh variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini saling terkait satu dengan yang lainnya secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap nilai HC.

Tabel 10. Hasil Uji Koefisien Regresi Simultan (Uji F) untuk Emisi HC

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	F _(5,57;0.05)	Kesimpulan
Regression	12324482.950	5	2464896.590	19,470	.001 ^b	2,38	Signifikan
1 Residual	7216030.129	57	126597.020				
Total	19540513.079	62					

a. Dependent Variable: HC

b. Predictors: (Constant), Perawatan, Umur, Silinder, Sistem_Pembakaran, Panjang_perjalanan

KESIMPULAN

Rata-rata besaran emisi gas buang kendaraan angkutan umum berpengerak cetus api di Kabupaten Manokwari adalah CO = 2,13%, HC = 534,60 ppm, CO₂ = 12,96% dan O₂ = 2,71%. Mayoritas angkutan umum yang beroperasi di Kota Manokwari mengeluarkan emisi gas buang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dan berpotensi mencemari udara atau tidak lulus uji emisi = 63,50 % dan 36,5% angkutan umum yang lulus uji emisi gas buang.

Secara simultan (bersama-sama) kapasitas silinder (X_1), panjang perjalanan (X_2), sistem pembakaran (X_3), umur kendaraan (X_4) dan perawatan kendaraan (X_5) mempengaruhi nilai emisi CO dan HC (Y). Secara parsial terdapat dua karakteristik kendaraan yaitu umur kendaraan (X_4) dan perawatan kendaraan (X_5) yang mempengaruhi nilai CO. Karakteristik kendaraan yang mempengaruhi nilai HC secara parsial hanya ada dua: kapasitas silinder (X_1) dan perawatan kendaraan (X_5).

DAFTAR PUSTAKA

- Arafah, M., Selintung, M., Aly, S.H., dan Ramli, M.I. (2013). *The Motorcycle Emission Characteristics in Developing Countries: Logit and Regression Analysis of I/M Data in Makassar City, Indonesia*. Proceeding of the 10th Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.
- Bakeri, M., A. Syarief dan A. Kusairi. (2012). Analisa Gas Buang Mesin Berteknologi Efi Dengan Bahan Bakar Premium. INFO TEKNIK, Volume 13 No. 1, Juli 2012.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kansius.
- Gubernur Provinsi DKI Jakarta, (2019) Instruksi Gubernur No. 66 Tahun 2019 tentang Pengendalian Kualitas Udara. <https://jdih.jakarta.go.id/himpunan/produk hukum/detail/9585> (diakses 03 Mei 2021)
- Gunandi. (2010). *Pengaruh Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada*

- Mobil Dengan Sistem Bahan Bahan Bakar Injeksi (EFI)*. Laporan Hasil Penelitian, www.digilib.its.ac.id Diakses pada tanggal
- Hickman A J, (1999), *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*, Transport Research Laboratory, Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya.
- Lupita, C.P. (2013). *Analisis Pengaruh Umur Mesin, Periode Servis dan Jarak Tempuh Terhadap Konsentrasi Emisi CO, Nox, HC dan CO2 Pada Sepeda Motor Tipe Sport (Studi Kasus : Motor Yamaha Vixion)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro : Semarang.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2010). *Peraturan Menteri Nomor 12 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2006). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru*. Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Mukono, H.J. (2003). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nevers, N., (2000). *Air Pollution Control Engineering Second Edition*. McGraw-Hill : Singapura.
- Nur, I.A. (2015). *Studi Karakteristik Emisi Kendaraan Ringan di Kota Makassar*. Teknik Sipil: Universitas Hasanuddin.
- Purwani, A., (2004). *Studi Pengaruh Umur Mesin, Jarak Tempuh, dan Perawatan Kendaraan Bermotor Roda Empat Berbahan Bakar Bensin terhadap Konsentrasi Emisi CO (Studi Kasus: Kendaraan Instansi Kota Semarang)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro: Semarang.
- Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Republik Indonesia.
- Rindani, S., (2011). *Analisis Pengaruh Umur Mesin dan Periode Servis Terhadap Konsentrasi Karbonmonoksida (CO) (Studi Kasus : Motor Matic Honda Vario)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro : Semarang.
- Simmamora, A. P. (2006), "Garages ask speedier emission testing approval." *The Jakarta Post-The Journal of Indonesia Today*, City News. <https://www.Thejakartapost.com> May 01 2006.
- Soedomo, M. (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara*. ITB
- Soemirat, J. (2009). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sugiarta, A. A. G. (2008). *Dampak Bising dan Kualitas Udara Pada Lingkungan Kota Denpasar*. Jurnal Bumi Lestari, Vol. 8 No. 2. Universitas Udayana, Bali.

- Sugiyono, (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Syahrani, A., (2006). Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *SMARTek*. 4/4: 260-266. Online. Available at <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/download/446/383>.
- Tanan, B. (2011). *Strategi Penanggulangan Pencemaran Udara dari sektor Transportasi*. Adiwidia edisi Juni 2011.
- Tugaswati, A. T. (2008). *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Online. (<http://www.kpbb.org>). Diakses pada Minggu, 22 Mei 2016
- Wardhana, W.A., (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Wayunadjati, R., (2011). *Analisis Pengaruh Jarak Tempuh, Periode Servis dan Umur Mesin Terhadap Konsentrasi CO, HC, Nox dan CO2 Pada Kendaraan Niaga (Studi Kasus: Motor Tossa)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro: Semarang.
- Yulianti, S., Y. Fitrianiingsih, dan D. R. Jati. (2014). Analisis Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. Vol 2, No 1 (2014).