

ANALISIS BEBAN EMISI GAS KARBONMONOKSIDA (CO) DAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) DARI AKTIVITAS TRANSPORTASI UMUM DI TERMINAL ARJOSARI KOTA MALANG

Veggy Octavia Putri Pratama dan Naniek Ratni J.A.R

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: nanik_rjar@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Emisi gas buang CO dan CO₂ kendaraan bermotor dapat meningkatkan pemanasan *global warming* dan menyebabkan gangguan kesehatan. Emisi terbentuk dari hasil pembakaran yang berasal dari kendaraan. Penelitian ini dilakukan di Terminal Arjosari yang bertujuan untuk mengidentifikasi kendaraan, menguji emisi kendaraan menggunakan alat uji emisi (*Gas and Smoke Autocheck*), menghitung dan menganalisis beban emisi CO dan CO₂ ketika kendaraan bergerak dan ketika waktu menunggu serta mengetahui keeratan hubungan antara karakteristik kendaraan dengan emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan. Perhitungan emisi menggunakan persamaan IPCC dan Taylor. Beban emisi dari hasil alat uji untuk CO tertinggi oleh angkot sebesar 2,48%, dan untuk CO₂ oleh taxi sebesar 13,92%, tetapi semua emisi yang dihasilkan masih dibawah baku mutu serta antara beban emisi CO dan CO₂ berbanding terbalik. Karakteristik kendaraan memiliki hubungan korelasi yang mendekati sempurna dengan beban emisi yang dihasilkan.

Kata Kunci: Pencemaran udara, Transportasi umum, Emisi CO dan CO₂, Emisi waktu menunggu, Emisi Ketika bergerak

ABSTRACT

Vehicle exhaust CO and CO₂ emissions can increase global warming and cause health problems. Emissions are formed from combustion originating from vehicles. This research was conducted in the Arjosari Terminal which aims to identify vehicles, test vehicle emissions using emission test equipment (Gas and Smoke Autocheck), calculate and analyze CO and CO₂ emission loads when a vehicle is moving and when idle time and find the correlation between vehicle characteristics and CO and CO₂ emissions produced. Emission calculations use the IPCC and Taylor equations. Emission load from the test equipment results for the highest CO by angkot is 2.48%, and for CO₂ by taxi is 13.92%, but all emissions produced are still below the quality standard and between CO and CO₂ emission loads are inversely proportional. Vehicle characteristics have a near perfect correlation with the resulting emission load.

Keywords: Air pollution, Public transportation, CO and CO₂ emissions, Emissions when vehicle in idle time, Emissions when vehicle is moving

PENDAHULUAN

Salah satu aspek penting dalam kehidupan adalah udara. Akan tetapi saat ini, seiring kemajuan pembangunan fasilitas kota maupun pusat-pusat industri, serta perubahan moda transportasi, mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas udara.

Polutan berbahaya yang dihasilkan dari kendaraan bermotor antara lain emisi gas buang CO dan CO₂. Proses pembakaran sempurna pada kendaraan bermotor mengemisikan gas CO₂ yang jika konsentrasinya di udara terus meningkat, sehingga akan mengakibatkan terjadinya peningkatan pemanasan suhu bumi atau yang biasa disebut sebagai *global warming*. Sedangkan untuk pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor mengemisikan CO, yang jika diudara konsentrasinya tinggi akan mengakibatkan gangguan kesehatan serta dapat menimbulkan kematian.

Perubahan moda transportasi merupakan salah satu solusi yang dapat mengatasi peningkatan emisi gas CO dan CO₂. Dengan pengalihan moda dari penggunaan kendaraan pribadi ke transportasi massal, seperti angkutan kota, angkutan pedesaan, angkutan antar kota dan angkutan antar propinsi merupakan transportasi massal yang dapat ditingkatkan fungsinya guna mengurangi emisi gas CO dan CO₂.

Kota terbesar kedua dengan luas wilayah 110,06 km² yang berada di Jawa Timur setelah Surabaya adalah kota Malang. Kota Malang memiliki terminal terbesar atau utama yakni Terminal Arjosari. Menurut Badan Pusat Statistika (BPS) dan Dinas Perhubungan Kota Malang, jumlah penumpang tiap tahunnya mengalami peningkatan yang semula tahun 2017 sebesar 90.058 orang menjadi 95.320 pada tahun 2018. Begitu pula dengan kenaikan jumlah armada di Terminal Arjosari, yang semula tahun 2017 sebesar 300 hingga 350 unit menjadi 500 hingga 550 unit pada tahun 2018. Hal tersebut tentu dapat mengakibatkan peningkatan emisi yang akan dihasilkan sehingga menjadi dampak negatif bagi lingkungan terminal itu sendiri. Melainkan upaya untuk memperkirakan kualitas udara masih sangat minim dan juga masih terbatasnya alat untuk menganalisis dampak negatif yang diakibatkan operasional bus dan transportasi umum lainnya. Maka dari itu penulis menganggap penting untuk menganalisis besaran emisi gas karbonmonoksida dan

karbondioksida pada kawasan yang ramai terhadap aktivitas transportasi umum dan menganalisis korelasi antara karakteristik kendaraan dengan beban emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan serta memberikan rekomendasi aksi mitigasi di Terminal Arjosari, Kota Malang.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian kualitatif. Semua data yang diperlukan untuk analisis penelitian didapatkan secara langsung. Data yang didapatkan secara langsung yang dimaksud ialah melalui pengukuran besaran emisi dan karakteristik operasional kendaraan angkutan umum yang ada di Terminal Arjosari, diantaranya jenis kendaraan, jenis bahan bakar, rata-rata pemakaian bahan bakar, rata-rata waktu menunggu, tahun produksi, kapasitas mesin, dan perawatan kendaraan kendaraan.

Metode survei ini dilakukan dalam 3 tahapan. Tahap pertama dengan melakukan penentuan jumlah populasi kendaraan angkutan umum yang terdapat di Terminal Arjosari Kota Malang dengan melakukan perhitungan volume kendaraan yang melintasi jalur kedatangan masing-masing jenis kendaraan. Tahap kedua adalah melakukan penentuan sampel pengukuran emisi gas buang kendaraan angkutan umum. Tahap ketiga adalah melakukan pengukuran survei emisi dilapangan menggunakan alat *Gas and Smoke Autocheck* dengan standar acuan SNI 19-7118.1-2005 yang menghubungkan alat uji dengan knalpot kendaraan guna memperoleh data besaran emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh tiap kendaraan uji dan serta melakukan wawancara untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam menghitung persamaan emisi gas buang IPCC tahun 2006 dan Taylor tahun 2003 serta menganalisis hubungan korelasi antara karakteristik kendaraan dengan beban emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan.

Waktu pengukuran dilakukan selama 2 minggu yaitu pada hari biasa atau kerja (*Weekdays*) serta hari libur (*Weekend*) di minggu ketiga dan keempat Bulan Oktober 2019.

Analisis Data Perhitungan

1. Perhitungan Emisi CO₂ Ketika Kendaraan Bergerak

Faktor emisi yang digunakan bergantung pada jenis bahan bakar yang spesifik bagi Indonesia. Hal tersebut berpengaruh dalam perhitungan beban emisi menggunakan metode Tier-1 maupun Tier-2 yang memiliki dasar yang sama, dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (IPCC, 2006):

$$\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi GRK} = \sum (\text{Fuel a} \times \text{EF a})$$

dimana:

Emission = emisi (kg)

Fuel a = konsumsi bahan bakar jenis a (L)

EF a = faktor emisi bahan bakar jenis a (kg/L)

2. Perhitungan Emisi CO₂ Ketika Waktu Menunggu (*Idling*)

Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah emisi gas yang di hasilkan di dalam terminal adalah *idle time*. Perhitungan idle time dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Taylor, 2003):

$$\bullet \text{ Idle fuel use (l/hour)} = (\text{idle fuel flow}) \times (\text{idle time per day}) \times (\text{total vehicle in a day})$$

dimana :

Idle fuel use = pemakaian bahan bakar ketika ngetem (l/jam)

Idle fuel flow = aliran bahan bakar (l/jam)

Idle time per day = waktu ngetem per hari (jam)

$$\bullet \text{ Idle emissions (kg/hour)} = (\text{idle fuel use}) \times (\text{GHG emission factor}) \times (\text{total vehicle in hour})$$

dimana :

Idle emissions = emisi ketika ngetem (kg/jam)

Idle fuel use = penggunaan bahan bakar (l/hour)

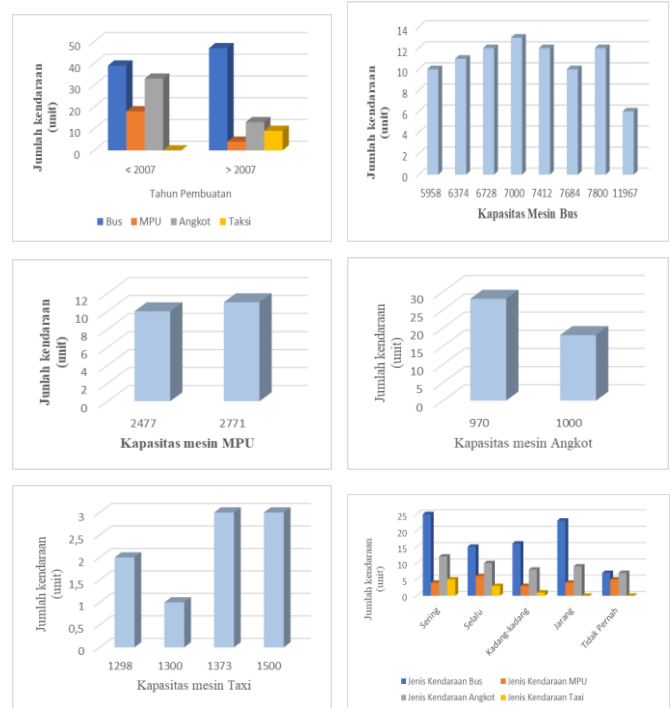
GHG emission factor = faktor emisi GRK (kg/L)

Faktor Emisi

Pada penelitian ini faktor emisi yang digunakan ialah faktor emisi kendaraan melalui pendekatan konsumsi atau pemakaian bahan bakar kendaraan oleh Pertamina (2006) dan Corinoir (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Operasional Transportasi Umum di Terminal Arjosari Kota Malang



Gambar-1 Jumlah kendaraan berdasarkan karakteristik kendaraan

Gambar-1 menunjukkan bahwa untuk tahun pembuatan kurang dari tahun 2007 (<2007) terbanyak oleh kendaraan umum Bus sebesar 39 unit. Terbanyak kedua oleh kendaraan umum Angkot sebesar 33 unit. Selain itu diikuti MPU sebesar 18 unit, sedangkan untuk taxi tidak ada kendaraan yang dibawah tahun 2007.

Untuk tahun pembuatan lebih dari tahun 2007 (>2007) terbanyak oleh kendaraan umum Bus sebesar 47 unit, disusul angkot sebesar 13 unit, taxi sebesar 9 unit dan jumlah terkecil ada pada MPU sebesar 4 unit.

Untuk hasil data jenis kapasitas mesin pada kendaraan umum Bus didominasi oleh bus yang memiliki kapasitas mesin 7000 cc sebanyak 13 unit. Terdapat pula bus dengan kapasitas mesin 6728 cc, 7412 cc, 7800 cc masing-masing sebanyak 12 unit. Dan jumlah terkecil ada pada kendaraan berkapasitas mesin 11967 cc sebanyak 6 unit.

Untuk hasil data jenis kapasitas mesin pada kendaraan umum MPU didominasi oleh MPU yang memiliki kapasitas mesin 2477 cc sebanyak 13 unit, setelah itu diikuti kapasitas mesin 2771 cc sebanyak 9 unit. Untuk hasil data jenis kapasitas mesin pada kendaraan umum angkot didominasi oleh angkot yang memiliki kapasitas mesin 970 cc sebanyak 28 unit, setelah itu diikuti kapasitas mesin 1000 cc sebanyak 18 unit. Sedangkan, hasil data jenis kapasitas mesin pada kendaraan umum taxi didominasi oleh taxi

yang memiliki kapasitas mesin 1373 cc dan 1500 cc masing-masing sebanyak 3 unit. Dan jumlah terkecil ada pada kendaraan berkapasitas mesin 1300 cc sebanyak 1 unit. Pada kendaraan umum taxi memang didapatkan jumlah kendaraan yang sedikit dikarenakan taxi tidak memiliki jadwal yang tetap.

Data hasil jenis perawatan kendaraan terbanyak ada pada kendaraan bus dengan perawatan kendaraan kategori sering sebanyak 25 unit dan jumlah terendah ada pada kendaraan MPU dan taxi sebanyak 5 unit untuk MPU dan 5 unit untuk taxi. Sedangkan kendaraan umum terbanyak dengan perawatan kendaraan kategori tidak pernah yaitu Bus dan Angkot sebanyak 7 unit dan jumlah terendah ada pada kendaraan MPU dan Taxi sebanyak 5 unit untuk MPU dan 0 unit untuk taxi.

Besaran Emisi CO dan CO₂ dari Hasil Alat Uji Emisi Berdasarkan Karakteristik Kendaraan

Tabel-1 Besaran Emisi CO dan CO₂ Berdasarkan Karakteristik Kendaraan

Karakteristik Kendaraan	Jenis Kendaraan	Besaran Emisi		Ambang baku mutu CO (%)	Besaran Emisi		
		CO (%)	CO (ppm)		CO ₂ (%)	CO ₂ (ppm)	
Tahun Pembuatan	1996	0,06	600	4,5	1,9	19000	
	1997	0,04	400	4,5	1,82	18200	
	1999	0,05	500	4,5	0,94	9400	
	2001	0,02	200	4,5	0,92	9200	
	2002	0,01	100	4,5	0,83	8300	
	2003	0,02	200	4,5	0,71	7100	
	2005	0,01	100	4,5	0,63	6300	
	2008	0,01	100	1,5	0,59	5900	
	2010	0,01	100	1,5	0,53	5300	
	2011	0,01	100	1,5	0,39	3900	
	2012	0,02	200	1,5	0,35	3500	
	2014	0,02	200	1,5	0,33	3300	
	2016	0,01	100	1,5	0,23	2300	
	2017	0,01	100	1,5	0,20	2000	
	2018	0,02	200	1,5	0,19	1900	
	2004	MPU	0,02	200	4,5	0,71	7100
	2005		0,01	100	4,5	0,67	6700
	2007		0,01	100	4,5	0,45	4500
	1989	Angkot	2,48	24800	4,5	12,27	122700
	1993		1,87	18700	4,5	12,2	122000
1996	1,77		17700	4,5	12,1	121000	

Karakteristik Kendaraan	Jenis Kendaraan	Besaran Emisi		Ambang baku mutu CO (%)	Besaran Emisi		
		CO (%)	CO (ppm)		CO ₂ (%)	CO ₂ (ppm)	
Kapasitas Mesin	1997	1,52	15200	4,5	11,56	115600	
	2004	0,2	2000	4,5	11,5	115000	
	2008	0,34	3400	1,5	11,35	113500	
	2009	0,12	1200	1,5	11,25	112500	
	2013	Taksi	0,48	4800	1,5	13,92	139200
	2014		0,43	4300	1,5	13,87	138700
	2015		0,19	1900	1,5	13,79	137900
	2016		0,11	1100	1,5	12,23	122300
5958	Bus	0,01	100	4,5	0,19	1900	
6374		0,02	200	4,5	0,23	2300	
6728		0,01	100	4,5	0,35	3500	
7000		0,01	100	4,5	0,59	5900	
7412		0,02	200	1,5	0,63	6300	
7684		0,04	400	1,5	0,71	7100	
7800		0,03	300	1,5	0,83	8300	
11967		0,06	600	1,5	0,94	9400	
2477	MPU	0,01	100	4,5	0,67	6700	
2771		0,02	200	4,5	0,71	7100	
970	Angkot	0,2	2000	1,5	12,2	122000	
1000		2,48	24800	4,5	12,27	122700	
1298	Taksi	0,11	1100	1,5	12,23	122300	
1300		0,19	1900	1,5	13,79	137900	
1373		0,43	4300	1,5	13,87	138700	
1500		0,48	4800	1,5	13,92	139200	
Perawatan Kendaraan	Sering	Bus	0,01	100	1,5	0,23	2300
	Selalu		0,02	200	1,5	0,3	3000
	Kadang		0,04	400	4,5	0,53	5300
	Jarang		0,06	600	4,5	0,71	7100
	Sering	MPU	0,1	1000	4,5	0,45	4500
	Selalu		0,1	1000	4,5	0,67	6700
	Kadang		0,2	2000	4,5	0,71	7100
	Jarang		0,2	2000	4,5	0,71	7100
	Sering	Angkot	0,12	1200	1,5	11,35	113500
	Selalu		0,2	2000	1,5	11,5	115000
	Kadang		1,52	15200	4,5	12,2	122000
	Jarang		2,48	24800	4,5	12,27	122700
Sering	Taksi	0,11	1100	1,5	12,23	122300	
Selalu		0,19	1900	1,5	13,79	137900	
Kadang		0,43	4300	1,5	13,87	138700	
Jarang		0,48	4800	1,5	13,92	139200	

Ambang batas emisi gas buang kendaraan yaitu sesuai PermenLH no 5 tahun 2006, untuk hasil besaran emisi CO dengan nilai standar tahun kendaraan <2007 yaitu 4,5% dan untuk nilai standar tahun kendaraan >2007 yaitu 1,5%.

Pada Tabel-1 dapat disimpulkan bahwa hasil besaran emisi CO berdasarkan karakteristik kendaraan tersebut semua didapatkan nilai dibawah standar ambang batas atau dapat dikatakan masih dalam keadaan aman.

Untuk hasil besaran emisi CO₂ tidak bisa dibandingkan dengan ambang batas emisi gas buang kendaraan karena CO₂ tidak ditetapkan dalam peraturan ambang batas tersebut.

Hubungan antara Karakteristik Kendaraan dengan Besaran Emisi Gas CO dan CO₂ yang dihasilkan menggunakan Uji Korelasi

Uji korelasi menggunakan aplikasi minitab melalui pendekatan *pearson corellation* dengan tujuan guna mengetahui tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel.

Tabel-2 Hasil P-value dan *Pearson correlation* Uji *Correlation* Hubungan antara Karakteristik Kendaraan dengan Besaran Emisi

Karakteristik Kendaraan	Jenis Kendaraan	CO		CO ₂	
		P-value	<i>Pearson corellation</i>	P-value	<i>Pearson corellation</i>
Tahun Pembuatan	Bus	0,043	-0,185	0,038	0,172
	MPU	0,041	-0,866	0,029	0,305
	Angkot	0,032	-0,989	0,045	0,516
	Taxi	0,033	-0,928	0,028	0,798
Kapasitas mesin	Bus	0,023	-0,257	0,014	0,815
	MPU	0,032	-0,653	0,022	0,735
	Angkot	0,042	-0,527	0,036	0,636
	Taxi	0,027	-0,665	0,038	0,909
Perawatan kendaraan	Bus	0,034	-0,753	0,026	0,684
	MPU	0,032	-0,918	0,022	0,916
	Angkot	0,042	-0,931	0,026	0,870
	Taxi	0,035	-0,422	0,046	0,837

Pada tabel-2 diatas menunjukkan bahwa adanya korelasi antara karakteristik kendaraan dengan besaran emisi yang dihasilkan,

dikarenakan p-value yang didapatkan dibawah 0,05 atau dibawah 5%.

Emisi CO dan CO₂ memiliki hubungan terbalik, apabila konsentrasi CO yang dihasilkan tinggi maka konsentrasi CO₂ menjadi rendah dan jika konsentrasi CO yang dihasilkan rendah maka konsentrasi CO₂ justru akan semakin tinggi. Dengan meningkatnya umur kendaraan atau tahun pembuatan kendaraan, berarti kinerja mesin akan lebih berat dan hal tersebut akan mempengaruhi proses pembakaran pada mesin kendaraan. Sedangkan untuk kategori perawatan kendaraan jika semakin berkurangnya melakukan perawatan kendaraan, berarti kinerja mesin tidak akan bekerja secara efisien dan optimal, hal tersebut akan mempengaruhi proses pembakaran pada mesin kendaraan.

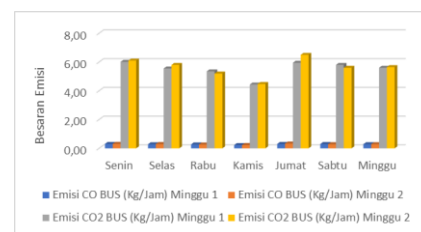
Dari tabel diatas dapat disimpulkan pula bahwa hubungan antara karakteristik kendaraan dengan besaran emisi yang dihasilkan memiliki hubungan yang mendekati sempurna.

Beban Emisi CO dan CO₂ Ketika Kendaraan Bergerak (IPCC)

Konsumsi Bahan Bakar

Rata-rata pemakaian bahan bakar pada transportasi umum yang terdapat di Terminal Arjosari Kota Malang yaitu rata-rata pemakaian bahan bakar per hari bus terbanyak dengan jumlah 0,43 L/km, untuk MPU sebesar 0,15 L/km, Angkot sebesar 0,8 L/km dan Taxi sebesar 0,2 L/km.

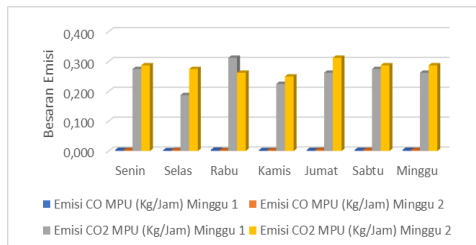
Hasil Perhitungan Emisi CO dan CO₂



Gambar-2 Beban Emisi CO dan CO₂ Bus

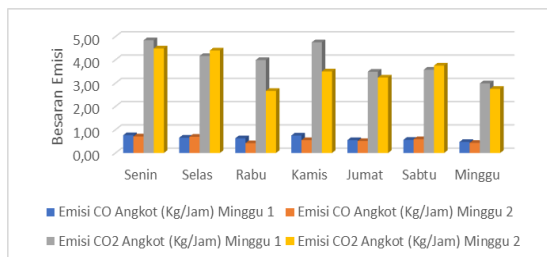
Berdasarkan gambar-2, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,27 kg/jam dan 0,28 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,30 kg/jam di minggu

pertama dan 0,30 kg/jam di minggu kedua. Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 5,3 kg/jam dan 5,4 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 5,8 kg/jam di minggu pertama dan 5,9 kg/jam di minggu kedua.



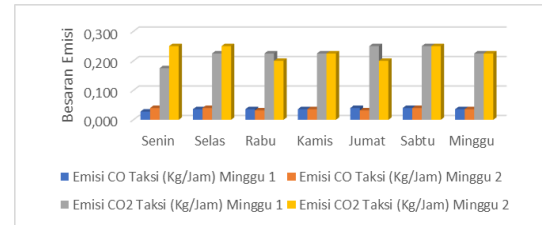
Gambar-3 Beban Emisi CO dan CO₂ MPU

Berdasarkan gambar-3, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,003 kg/jam dan 0,004 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,004 kg/jam di minggu pertama dan 0,004 kg/jam di minggu kedua. Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,25 kg/jam dan 0,27 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,27 kg/jam di minggu pertama dan 0,30 kg/jam di minggu kedua.



Gambar-4 Beban Emisi CO dan CO₂ Angkot

Berdasarkan gambar-4, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,70 kg/jam dan 0,59 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,53 kg/jam di minggu pertama dan 0,51 kg/jam di minggu kedua. Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 4,4 kg/jam dan 3,8 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 3,4 kg/jam di minggu pertama dan 3,2 kg/jam di minggu kedua.



Gambar-5 Beban Emisi CO dan CO₂ Taxi

Berdasarkan gambar-5, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,03 kg/jam dan 0,037 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,04 kg/jam di minggu pertama dan 0,036 kg/jam di minggu kedua. Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,21 kg/jam dan 0,23 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,24 kg/jam di minggu pertama dan 0,23 kg/jam di minggu kedua.

Analisis Hubungan Panjang Jalur dan Jumlah Kendaraan dengan Besaran Emisi CO dan CO₂ menggunakan Pearson Correlation

Uji korelasi menggunakan aplikasi minitab melalui pendekatan *pearson corellation* dengan tujuan guna mengetahui tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel.

Tabel-3 Hasil P-value dan *Pearson Correlation* Hubungan Panjang Jalur dan Jumlah Kendaraan dengan Besaran Emisi CO

	Jenis Kendaraan	waktu	CO			
			Minggu-1		Minggu-2	
			P-value	Pearson correlation	P-value	Pearson correlation
Panjang Jalur	Bus		0,023	0,193	0,045	0,193
	MPU					
	Angkot					
	Taksi					
Jumlah Kendaraan	Bus	weekday	0,007	0,993	0,006	0,994
		weekend	0,003	0,820	0,031	0,999
	MPU	weekday	0,008	0,458	0,012	0,441
		weekend	0,042	0,925	0,032	0,921

Angkot	weekday	0,016	0,984	0,032	0,968
	weekend	0,044	0,925	0,042	0,925
Taxi	weekday	0,041	0,956	0,033	0,302
	weekend	0,045	0,925	0,034	0,866

Tabel-4 Hasil P-value dan *Pearson Correlation* Hubungan Panjang Jalur dan Jumlah Kendaraan dengan Besaran Emisi CO₂

	Jenis Kendaraan	waktu	CO2			
			Minggu-1		Minggu-2	
			P-value	Pearson correlation	P-value	Pearson correlation
Panjang Jalur	Bus		0,016	0,453	0,032	0,407
	MPU					
	Angkot					
	Taxi					
Jumlah Kendaraan	Bus	weekday	0,010	0,990	0,006	0,994
		weekend	0,025	0,756	0,022	0,995
	MPU	weekday	0,036	0,333	0,036	0,333
		weekend	0,031	0,500	0,021	0,932
	Angkot	weekday	0,046	0,754	0,029	0,971
		weekend	0,023	0,991	0,029	0,993
	Taxi	weekday	0,046	0,972	0,020	0,729
		weekend	0,036	0,963	0,029	0,894

Pada tabel-3 dan tabel-4 diatas menunjukkan bahwa adanya korelasi antara panjang jalur dengan besaran emisi yang dihasilkan, dikarenakan p-value yang didapatkan dibawah 0,05 atau dibawah 5%.

Adanya korelasi atau hubungan moderat antara panjang jalur kendaraan dengan besaran emisi CO yang dihasilkan dan didapatkan nilai sebesar 0,193, sedangkan didapatkan nilai *pearson correlation* sebesar 0,453 yang berarti adanya hubungan yang kuat antara panjang jalur kendaraan dengan besaran emisi CO₂ yang dihasilkan.

Adanya korelasi atau hubungan yang mendekati sempurna antara jumlah kendaraan dengan besaran emisi CO yang dihasilkan dan didapatkan nilai sebesar 0,999 pada kendaraan bus di hari *weekend* minggu-2 dan 0,984 pada kendaraan angkot di hari *weekday* minggu-1, sedangkan didapatkan nilai *pearson correlation* pada kendaraan bus sebesar 0,990 di hari *weekday* minggu-1 dan 0,995 di hari *weekend* minggu-2 yang berarti adanya hubungan yang mendekati sempurna antara jumlah kendaraan dengan besaran emisi CO₂ yang dihasilkan.

Beban Emisi CO dan CO₂ Ketika Waktu Menunggu (*idling*)

Waktu Menunggu (*idle time*)

Rata-rata waktu menunggu pada transportasi umum yang ada di Terminal Arjosari Kota Malang, yaitu untuk kendaraan bus sebesar 10 menit dan 30 menit, sedangkan untuk kendaraan MPU dan angkot sebesar 5 menit.

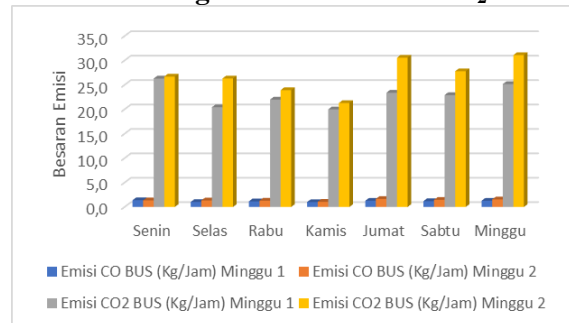
Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin berkisar antara 5958-11967 cc untuk bus, 2477-2771 cc untuk MPU, 970-1000 cc untuk angkot, dan 1298-1500 cc untuk taksi.

Aliran Bahan Bakar

Aliran Bahan Bakar (*Idle Fuel Flow*) memiliki fungsi pada mesin kendaraan yakni untuk memenuhi bahan bakar yang perlukan selama mesin bekerja atau dinyalakan, maka dari itu sistem bahan bakar pada mesin dibuat sedemikian rupa guna menyempurnakan proses pembakaran yang akan dihasilkan.

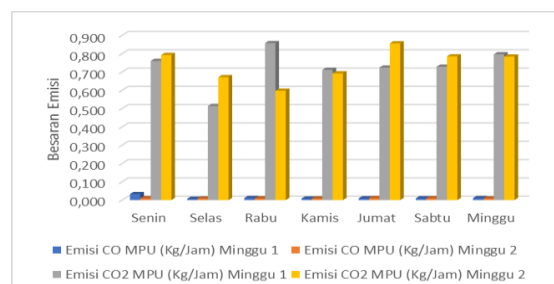
Hasil Perhitungan Emisi CO dan CO₂



Gambar-6 Beban Emisi CO dan CO₂ Bus

Berdasarkan gambar-6, rata-rata emisi CO pada hari biasa (*weekdays*) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 1,14 kg/jam dan 1,26 kg/jam. Sedangkan hari libur (*weekend*) sebesar 1,25 kg/jam di minggu pertama dan 1,55 kg/jam di minggu kedua.

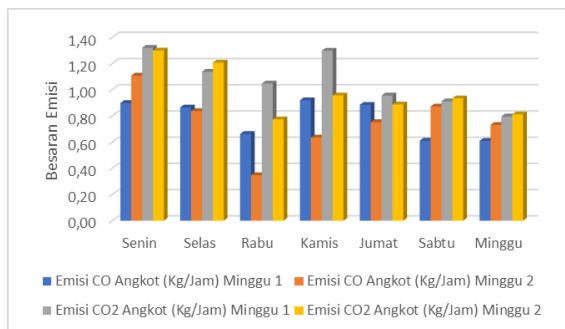
Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (*weekdays*) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 22,2 kg/jam dan 24,6 kg/jam. Sedangkan hari libur (*weekend*) sebesar 23,8 kg/jam di minggu pertama dan 25,8 kg/jam di minggu kedua.



Gambar-7 Beban Emisi CO dan CO₂ MPU

Berdasarkan gambar-7, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua cukup jauh berbeda yaitu 0,015 kg/jam dan 0,0094 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,010 kg/jam di minggu pertama dan 0,0101 kg/jam di minggu kedua.

Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,7 kg/jam dan 0,7 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,7 kg/jam di minggu pertama dan 0,8 kg/jam di minggu kedua.



Gambar-8 Beban Emisi CO dan CO₂ Angkot

Berdasarkan gambar-8, rata-rata emisi CO pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 0,84 kg/jam dan 0,73 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,70 kg/jam di minggu pertama dan 0,79 kg/jam di minggu kedua.

Rata-rata emisi CO₂ pada hari biasa (weekdays) di minggu pertama dan minggu kedua tidak jauh berbeda yaitu 1,2 kg/jam dan 1,1 kg/jam. Sedangkan hari libur (weekend) sebesar 0,9 kg/jam di minggu pertama dan 0,9 kg/jam di minggu kedua.

Sedangkan untuk hasil perhitungan emisi CO dan CO₂ terendah bersumber dari taxi dikarenakan jumlahnya yang sedikit dan tidak memiliki jadwal tetap serta belakangan ini taxi merupakan salah satu transportasi umum yang kurang diminati. Kendaraan ini tidak melakukan kendaraan menunggu atau *idle time*, oleh karena itu taxi tidak memiliki nilai waktu menunggu sehingga hasil dari perhitungan persamaan taylor didapatkan 0 kg/jam.

Analisis Hubungan Waktu Menunggu dengan Besaran Emisi CO dan CO₂ menggunakan Pearson Correlation

Uji korelasi menggunakan aplikasi minitab melalui pendekatan *pearson corellation* dengan tujuan guna mengetahui tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel.

Tabel-5 Hasil P-value dan *Pearson Correlation* Hubungan Waktu Menunggu dengan Besaran Emisi CO

	Jenis Kendaraan	CO			
		Minggu-1		Minggu-2	
		P-value	<i>Pearson corellation</i>	P-value	<i>Pearson corellation</i>
Waktu Menunggu	Bus	0,032	0,708	0,026	0,737
	MPU				
	Angkot				
	Taxi				

Tabel-6 Hasil P-value dan *Pearson Correlation* Hubungan Waktu Menunggu dengan Besaran Emisi CO₂

	Jenis Kendaraan	CO ₂			
		Minggu-1		Minggu-2	
		P-value	<i>Pearson corellation</i>	P-value	<i>Pearson corellation</i>
Waktu Menunggu	Bus	0,046	0,783	0,021	0,783
	MPU				
	Angkot				
	Taxi				

Pada tabel-5 dan tabel-6 diatas menunjukkan bahwa adanya korelasi antara waktu menunggu terhadap besaran emisi yang dihasilkan, dikarenakan p-value yang didapatkan dibawah 0,05 atau dibawah 5%.

Adanya korelasi atau hubungan yang sangat kuat antara waktu menunggu dengan besaran emisi CO yang dihasilkan dan didapatkan nilai sebesar 0,737 pada minggu-1, sedangkan didapatkan nilai *pearson correlation* sebesar 0,783 pada minggu-2 yang berarti adanya hubungan yang sangat kuat antara waktu menunggu dengan besaran emisi CO₂ yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Dari pembahasan penelitian yang dilakukan, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Beban emisi CO dan CO₂ dari aktivitas kendaraan yang berada di terminal:

- a. Beban emisi CO tertinggi yang dihasilkan oleh angkot sebesar yaitu 2,48%, kemudian disusul dengan taksi sebesar 0,48% , lalu Bus sebesar 0,06%, dan MPU sebesar 0,02%.
 - b. Beban emisi CO₂ tertinggi yang dihasilkan oleh taksi sebesar yaitu 13,92%, kemudian disusul dengan angkot sebesar 12,27%, lalu Bus sebesar 1,9%, dan MPU sebesar 0,71%.
2. Beban emisi CO dan CO₂ kendaraan dalam keadaan bergerak yang berada diterminal:
 - a. Emisi CO tertinggi berasal dari bus dikarenakan jumlah yang paling dominan dan konsumsi bahan bakar dengan emisi minggu pertama hari biasa 0,27 kg/jam dan hari libur 0,30 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 0,28 kg/jam dan hari libur 0,30 kg/jam. Sedangkan emisi CO yang paling rendah adalah MPU dengan emisi pada minggu pertama hari biasa 0,003 kg/jam dan hari libur 0,004 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 0,0037 kg/jam dan hari libur 0,0041 kg/jam
 - b. Emisi CO₂ tertinggi berasal dari bus dikarenakan jumlah yang paling dominan dan konsumsi bahan bakar dengan emisi minggu pertama hari biasa 5,3 kg/jam dan hari libur 5,8 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 5,4 kg/jam dan hari libur 5,9 g/jam. Sedangkan emisi CO₂ yang paling rendah adalah Taksi dengan emisi pada minggu pertama hari biasa 0,21 kg/jam dan hari libur 0,24 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 0,23 g/jam dan hari libur 0,23 kg/jam
 3. Beban emisi CO dan CO₂ kendaraan tidak bergerak yang berada di terminal:
 - a. Emisi CO tertinggi berasal dari bus dikarenakan jumlah yang paling dominan dan konsumsi bahan bakar dengan emisi minggu pertama hari biasa 1,14 kg/jam dan hari libur 1,25 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 1,26 kg/jam dan hari libur 1,55 kg/jam. Sedangkan emisi CO yang paling rendah adalah MPU dengan emisi pada minggu pertama hari biasa 0,015 kg/jam dan hari libur 0,010 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 0,0094 kg/jam dan hari libur 0,0101 kg/jam
 - b. Emisi CO₂ tertinggi berasal dari bus dikarenakan jumlah yang paling dominan dan konsumsi bahan bakar dengan emisi minggu pertama hari biasa 22,2 kg/jam dan hari libur 23,8 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 24,6 kg/jam dan hari libur 29,8 kg/jam. Sedangkan emisi CO₂ yang paling rendah adalah MPU dengan emisi pada minggu pertama hari biasa 0,7 kg/jam dan hari libur 0,7 kg/jam. Dan di minggu kedua pada hari biasa 0,7 kg/jam dan hari libur 0,8 kg/jam
 4. Hubungan antara kapasitas mesin, perawatan, serta tahun pembuatan terhadap emisi CO dan CO₂ adalah memiliki hubungan yang erat dimana beban emisi yang dihasilkan memiliki hubungan korelasi yang mendekati sempurna dari nilai kapasitas mesin, perawatan mesin serta tahun pembuatan.
 5. Hubungan karakteristik kendaraan dengan besaran emisi CO dan CO₂ menggunakan persamaan korelasi p-value dibawah 5% dengan begitu dapat disimpulkan bahwa semua karakteristik kendaraan memiliki hubungan korelasi dengan besaran emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- UPTD Terminal Arjosari Tipe A Kota Malang Tahun 2019.
- BPS Kota Malang. 2018. *Kota Malang Dalam Angka 2018*. Malang: Badan Pusat Statistika Kota Malang.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *IPCC Guidelins for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama: Institute for Global Environmental Strategis (IGES).
- Taylor, Gardon W.R. 2003. *Review Of The Incidence Energy Use and Costs Of Passenger Vehicle Idling*. Canada: GW Taylor Consulting.

- U.S.EPA. 2005. *Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods For Gathering And Locating Specific Emission Inventory Data*. Washington, DC: U.S.EPA.
- Yusratika, N. 2010. *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) dari sektor Transportasi di DKI Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Zahra, E dan Driejana. 2009. *Perbandingan Estimasi Beban Emisi CO dan CO₂ Dengan Pendekatan Konsumsi Bahan Bakar dan Kecepatan Kendaraan (Studi Kasus : Bunderan Cibiru Lembang)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aly, S.H. 2015. *Emisi Transportasi*. Penebar Plus : Jakarta.
- Canter. 1996. *Environmental Impact Assessment Second Edition: Impact Prediction and Assessment of Air Quality*. New York: McGraw Hill.
- De Never, Noel. 2000. *Air Pollution Control Enginnering*. Singapore: McGraw Hill.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. 2009. *Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories*. Luxembourg: European Environment Agency.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisai Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume I: Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengadaan dan Pengurangan Energi*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kovakh, M. 1979. *Motor Vehicle Engines*. Moscow: MIR Publishers.
- Soedomo dan Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.
- Taylor, Gardon W.R. 2003. *Review Of The Incidence Energy Use and Costs Of Passenger Vehicle Idling*. Canada: GW Taylor Consulting.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Munawar, A., 2005. *Dasar-dasar Teknik Transportasi*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Boedisantoso, R. 2002. *Teknologi Pengendalian Pencemar Udara*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Pertamina. 2006. *Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar*.
- Kusumawati, P.S., dkk. 2013. *Hubungan Jumlah Kendaraan Bermotor, Odometer Kendaraan Dan Tahun Pembuatan Kendaraan dengan Emisi CO₂ di Kota Pekanbaru*. Ilmu Lingkungan Universitas Riau : Pekanbaru.
- Lupita, C.P., dkk. 2013. *Analisis Pengaruh Umur Mesin, Periode Servis dan Jarak Tempuh Terhadap Konsentrasi Emisi CO, NO_x, HC dan CO₂ pada Sepeda Motor Tipe Sport (Studi Kasus: Motor Yamaha Vixion)*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro : Semarang.
- Tugaswati, A. T. 2008. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Online. (<http://www.kpbb.org>). Diakses pada Minggu, 22 Mei 2016.