

Prototipe Detektor Emisi Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Pertalite dan Pertamina

Moch Junaidi¹, Sabar Setiawidayat¹, Diky Siswanto³, Istiadi⁴
¹PT. Nadha Karya Utama, Surabaya
Perum Griya Kebraon barat I blok BA no.14 Surabaya 60222
^{2,3,4}Universitas Widya Gama Malang
Jalan Borobudur 35 Malang, 65142
e-mail: sabarset@widyagama.ac.id

Abstrak— Setiap kendaraan bermotor akan menghasilkan gas buang atau emisi seperti Karbondioksida (CO₂) dan Karbonmonooksida (CO). Emisi dikeluarkan melalui knalpot sehingga menghasilkan polusi di udara bebas yang dapat mencemari udara disekitarnya yang dapat mempengaruhi kesehatan bagi manusia dan hewan. Kurang terkontrolnya emisi kendaraan yang beroperasi, disebabkan keterbatasan alat monitoring emisi yang hanya dimiliki oleh dinas perhubungan (Dishub) dan Polisi daerah (Polda). Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe detektor emisi kendaraan bermotor berbahan bakar Pertalite dan Pertamina. Sensor mq2 untuk konsentrasi kadar gas CO dan sensor kadar konsentrasi mq7 untuk CO₂ di pasang pada knalpot kendaraan dalam keadaan mesin hidup dan diam. Pengambilan data dilakukan pada beberapa kondisi putaran mesin. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap 10 sepeda motor, baik pertalite maupun pertamax, kadar CO pada putaran diatas 1000 rpm menyebabkan emisi diatas Nilai Ambang Batas (NAB) sedangkan kadar CO₂ masih dalam batas NAB yang aman. Hasil pengukuran terhadap 3 kendaraan roda empat, kadar CO dan CO₂, baik pertalite maupun pertamax masih dalam batas NAB yang aman. Terdapat korelasi yang signifikan antara putaran mesin dan kadar emisi, makin tinggi putaran makin tinggi kadar emisi. Hasil uji komparasi dengan alat referensi menunjukkan bahwa alat desain layak digunakan sebagai alat pengukuran emisi CO dan CO₂.

Kata kunci: sensor, emisi, detektor, pertalite, pertamax

Abstract— Every motorized vehicle will produce exhaust gases or emissions such as Carbon Dioxide (CO₂) and Carbon Monoxide (CO). Emissions are released through the exhaust, resulting in pollution in the free air that can pollute the surrounding air which can affect the health of humans and animals. The lack of control of vehicle emissions in operation is due to the limited emission monitoring tools that are only owned by the Transportation Agency (Dishub) and the Regional Police (Polda). This study aims to design a prototype of a motorized vehicle emission detector using Pertalite and Pertamina fuel. The mq2 sensor for CO gas concentration and the mq7 concentration sensor for CO₂ are installed on the vehicle exhaust while the engine is running and idling. Data collection is carried out at several engine speed conditions. Based on the results of measurements on 10 motorcycles, both Pertalite and Pertamina, CO levels at speeds above 1000 rpm cause emissions above the Threshold Limit Value (NAB) while CO₂ levels are still within safe NAB limits. The results of measurements on 3 four-wheeled vehicles, CO and CO₂ levels, both Pertalite and Pertamina are still within safe NAB limits. There is a significant correlation between engine speed and emission levels, with higher speeds leading to higher emissions. Comparative testing with a reference tool indicates that the design is suitable for use as a CO and CO₂ emission measurement tool.

Keywords: sensor, emissions, detector, Pertalite, Pertamina

I. PENDAHULUAN

Setiap kendaraan bermotor akan menghasilkan gas buang atau emisi kendaraan bermotor. Emisi gas buang hasil pembakaran akan dikeluarkan melalui saluran gas buang yang disebut knalpot, baik dalam kondisi berjalan maupun diam[1]. Emisi terdiri dari gas-gas yang umumnya karbonmonooksida (CO) dan karbondioksida (CO₂). Emisi

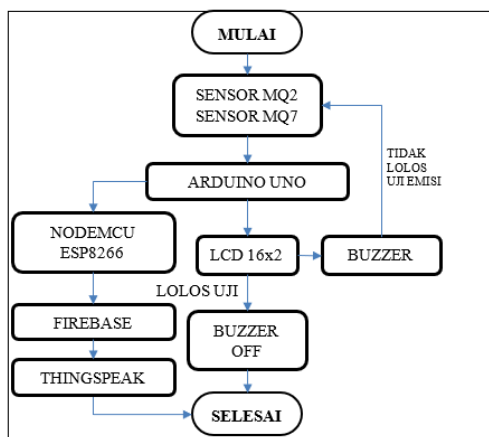
yang dihasilkan akan masuk ke udara bebas, dalam hal ini ke udara di lingkungan kendaraan tersebut berada[2]. Pencemaran lingkungan udara dapat mengganggu pernafasan manusia dan hewan, yang jika kandungannya melebihi batas yang dianjurkan dapat mengakibatkan kematian bagi yang menghirupnya [3]. Nilai Batas Ambang (NAB) kadar CO dan CO₂ yang direkomendasikan masing-masing adalah dibawah 70 ppm dan 5000 ppm [4].

Beberapa peneliti yang telah melakukan terkait emisi adalah Rizki Mulyana¹, Ir. Syahrul[5] yaitu merancang alat monitoring emisi gas buang Hidrokarbon (HC) dan Karbonmonoksida (CO), Taryana Suryana [6], dengan judul Implementasi Modul Sensor MQ2 Untuk Mendeteksi Adanya Polutan Gas di Udara, Marsius Ferdnian [7], Judul : Analisis uji Emisi gas buang kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap lingkungan di kota Balikpapan (Kal-Tim), Joko Winarno[8], Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra. Judul : Studi emisi gas buang kendaraan bermesin bensin pada berbagai merk kendaraan dan tahun pembuatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Prototipe detektor emisi kendaraan bermotor berbahan bakar Pertalite dan Pertamax. Analisis korelasi digunakan untuk melihat pengaruh putaran mesin terhadap kadar CO maupun CO₂, disisi lain analisis komparasi digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara kadar CO₂ alat desain dengan alat referensi.

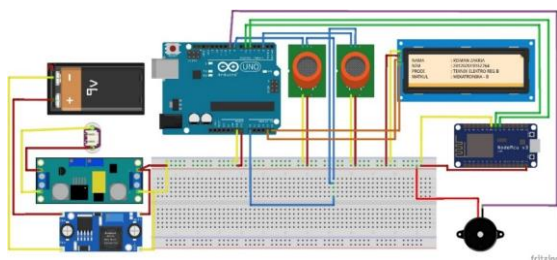
II. METODE

A. Perancangan alat

Perancangan alat desain dalam penelitian ini mengikuti blok diagram pada gambar 1 dengan rancangan skematik seperti pada gambar 2. Pengambilan data pengukuran emisi sesuai dengan blok diagram pada gambar 3. Alat ukur CO₂ SW-723 digunakan sebagai alat ukur referensi sedangkan tachometer digunakan untuk pengukuran kecepatan putaran mesin melalui putaran ban apabila tidak rpm meter pada dashboard kendaraan.

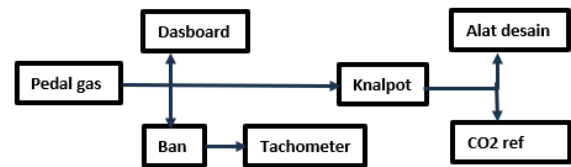


Gambar 1. Blok diagram alat desain



Gambar 2. Diagram Skematik

Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2 maka hasil rancangannya ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram pengambilan data Emisi

Blok diagram pada gambar 3 dapat dijelaskan sebagai berikut, Pedal gas digunakan untuk mengatur rpm putaran mesin yang diinginkan. Jika sulit menepatkan rpm yang diinginkan maka diambil yang mendekati dengan menjaga pedal gas tetap konstan selama 10 detik. Bagi kendaraan yang dashboardnya menampilkan rpm meter maka langsung tampilan rpm tersebut dicatat sedangkan yang tidak ada maka putaran ban di sensor menggunakan tachometer digital. Dalam kurun waktu 10 detik tersebut, alat desain dan CO₂ ref dipasang di depan knalpot untuk dicatat hasil pengukurannya. Diperlukan minimal 3 orang untuk melakukan pengukuran ini, yaitu 1 orang untuk mengatur pedal gas dan melihat dashboard, 1 orang mengoperasikan alat desain dan 1 orang mengoperasikan CO₂ ref. CO₂ ref adalah perangkat referensi atau pembanding dari hasil pengukuran alat desain. Sulit dan mahalny mendapatkan perangkat CO ref menyebabkan penelitian ini hanya menggunakan pembanding CO₂ ref.

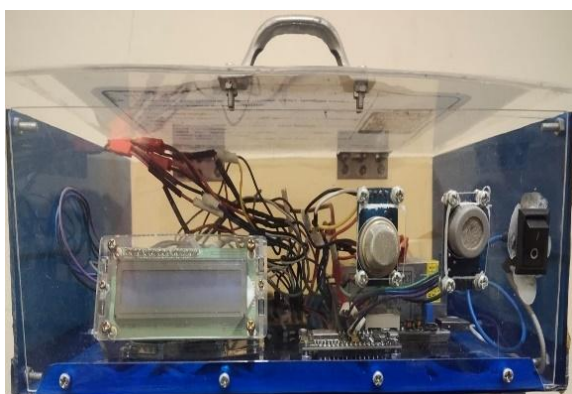


Gambar 4. Alat ukur CO₂ ref dan Tachometer digital

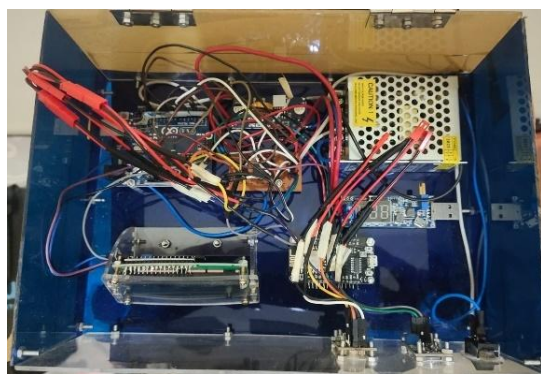
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk fungsi dan kinerja alat desain, pengambilan data, dan analisis data. Pengujian alat desain menggunakan indikator led. Pengujian sensor mq2 dan mq7 dilakukan dengan pemberian tegangan 3.3-5 volt pada led merah dan hijau. Jika led merah mati dan led hijau menyala maka kondisi sensor baik dan bekerja. Pengujian mikrokontroller dilakukan dengan blink. Jika program blink di upload maka led menyala dan padam jika tidak di upload. Pengujian LCD 2x16 akan menampilkan teks jika program teks di upload, Buzzer akan bekerja aktif jika program beep di upload, dan tidak aktif jika program beep tidak di upload[9]. Pengambilan data pengukuran emisi mengikuti blok diagram seperti pada gambar 3.

A. Hasil Perancangan alat desain



a. Alat desain Tampak depan



b. Alat desain tampak dalam



c. Sensor pendeteksi emisi

Gambar 5. Alat desain dan sensor

Pada gambar 5c, sensor mq2 dan mq7 berada di dalam kotak plat berlubang. Dari lubang-lubang itulah gas buang masuk dan di tangkap oleh sensor. Adanya lengan kawat yang berfungsi untuk pegangan saat pengukuran. Hal ini diperlukan karena saat pengukuran, emisi bercampur dengan timbulnya panas yang tinggi.

B. Pengambilan Data



Gambar 6. Contoh salah satu pengambilan data

Tabel 1. Pengambilan data Peralite Sepeda motor

No	Pengujian	RPM	Alat Desain		Referensi
			CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO2 (ppm)
1	1	1048	26.89	612	643
	17 Juni 2025	2402	45.23	640	661
	Sepeda Motor	3080	63.57	688	700
	Honda	4268	89.73	734	748
	Vario 125 CBS	5575	109.42	722	736
	125cc	6204	201.86	802	813
2	2	880	19.92	45	47
	18 Juni 2025	1560	60.07	70	72
	Sepeda motor	2735	81.31	84	89
	Honda	3550	135.85	97	99
	Win	5075	148.37	108	112
	100cc	6400	167.06	115	121
3	3	930	63.79	570	582
	18 Juli 2025	1365	87	692	702
	Sepeda motor	2775	110.65	715	721
	Suzuki	4445	143.57	727	734
	Ninja F1	4445	143.57	765	771
	145cc	7975	179.57	1015	1021
4	4	880	60.75	615	619
	25 Juni 2025	1405	98.97	974	982
	Sepeda motor	2200	99.57	848	853
	Honda	3450	132.64	900	908
	Beat PCP ESP	4580	136.58	748	756
	110cc	5615	173.21	994	1000
5	5	875	60.75	615	620
	25 Juni 2025	1400	98.97	974	979
	Sepeda motor	2196	99.57	848	842
	Honda	3445	132.64	900	905
	Revo NF11T	4575	136.58	748	752
	110cc	5610	173.21	994	999
6	6	6670	188.527	1048	1052

Tabel 2. Pengambilan data Pertamina Sepeda motor

No	Pengujian	RPM	Alat Desain		Referensi
			CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO2 (ppm)
1	1	875	66.19	772	777
	17 Juni 2025	1205	78.12	789	794
	Sepeda motor	2660	102.17	821	824

	Suzuki	3300	127.43	846	851
	Smash F1	4775	141.98	899	892
	125 cc	5835	175.74	924	929
	2018	6520	185.62	1003	1008
2	2	1025	45.89	297	301
	19 Juni 2025	1975	221.57	360	366
	Sepeda motor	2495	238.03	410	417
	Honda	3985	104.15	955	960
	PCX	4650	125.21	961	965
	160cc	5300	139.68	969	972
	2023	6255	194.72	972	978
3	3	890	72.66	702	708
	21-Juni 2025	1555	90.97	830	835
	Sepeda motor	2445	102.11	854	858
	Honda	3775	122.19	909	913
	Revo	5200	101.98	643	647
	125cc	6450	143.49	863	868
	2022	7265	139.61	798	802
4	4	880	66.19	777	781
	1 Juli 2025	1210	78.12	794	799
	Sepeda motor	2670	102.17	826	830
	Yamaha	3310	127.43	851	855
	Yupiter Z1	4780	141.98	904	908
	110cc	5840	175.74	929	932
	2022	6525	185.62	1008	1012
5	5	1030	45.89	302	307
	3 Juli 2025	1980	221.57	365	370
	Sepeda motor	2500	238.03	415	420
	Suzuki	3990	104.15	960	965
	Ninja F1	4655	125.21	966	969
	250cc	5305	139.68	974	978
	2023	6260	194.72	977	981

Tabel 3. Pengambilan data Emisi kendaraan roda 4

No	Pengujian	RPM	Alat Desain		Referensi
			CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO2 (ppm)
1	Pertalite	600	12.39	381	406
	7 Juli 2025	1200	15.17	439	488
	Suzuki	1800	18.43	490	460
	Ignis	2400	16.47	466	452
	GL/1200	3000	15.46	452	428
2	Pertalite	600	13.11	396	402
	8 Juli 25	1200	16.22	444	449
	Mobil	1800	17.41	501	489
	Karimun	2400	16.12	498	481
	Estilo/1300	3000	15.31	472	462
3	Pertamax	600	13.01	359	381

9 Juli 2025	1200	15.41	403	392
Mobil	1800	13.3	369	351
Avanza	2400	12.07	353	324
G/1300	3000	12.24	344	344
Tahun 2011				

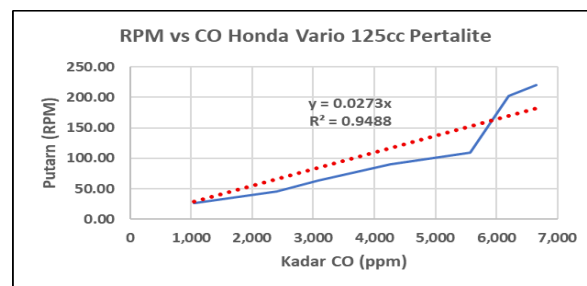
C. Analisis Data Pengukuran

Data hasil pengukuran yang sudah didapatkan, nampak bahwa kadar CO dari knalpot sepeda motor pada tabel 1 (pertalite) dan tabel 2 (pertamax) banyak yang melebihi batas NAB yang dianjurkan yaitu sebesar 70 ppm. Kadar CO dari kendaraan roda empat pada tabel 3, baik pertalite maupun pertamax nampak masih dalam batas aman karena dibawah NAB. Data hasil pengukuran akan di analisis lebih lanjut memakai analisis korelasi, yaitu untuk mengetahui pengaruh putaran (rpm) mesin terhadap kadar emisi. Analisis uji beda (analisis komparasi) dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran CO2 alat desain dengan alat pengukur CO2 ref.

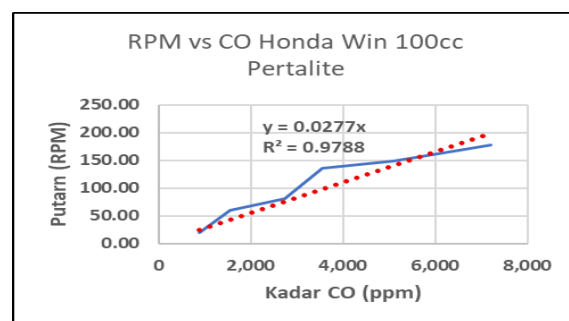
C.1. Analisis Korelasi

C.1.1. Kendaraan roda Dua

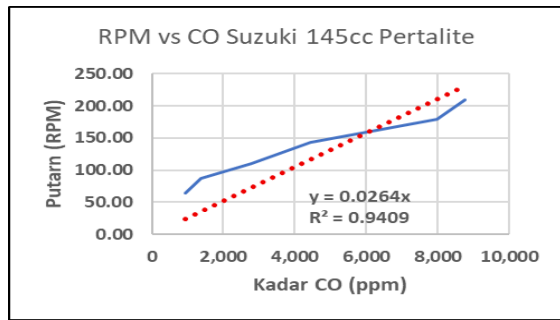
Uji korelasi bertujuan untuk menguji keeratan hubungan antar variabel, dalam hal ini adalah seberapa kuat pengaruh putaran mesin (rpm) terhadap kadar CO dan CO2 yang dihasilkan. Jika koefisien korelasi adalah R dan R^2 adalah koefisien determinasi maka korelasi rpm terhadap kadar CO untuk bahan bakar Pertalite ditunjukkan pada gambar 7a hingga gambar 7e, sedangkan korelasi rpm terhadap kadar CO2 bahan bakar Pertalite ditunjukkan pada gambar 7f hingga 7j.



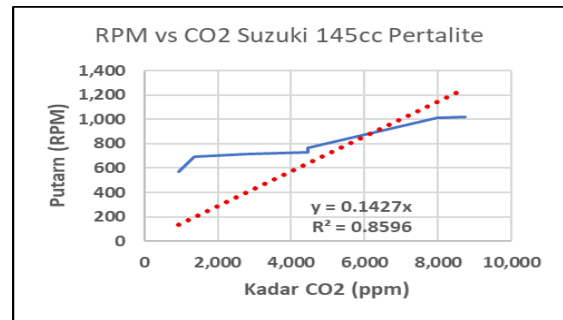
Gambar 7a. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda vario 125cc



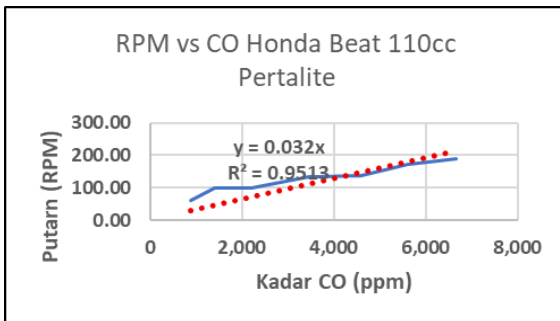
Gambar 7b. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda Win 100cc



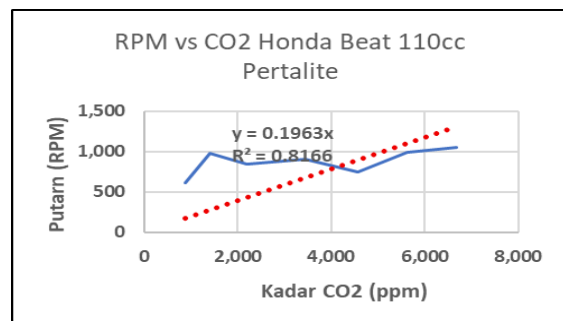
Gambar 7c. Korelasi rpm terhadap kadar CO Suzuki 145cc



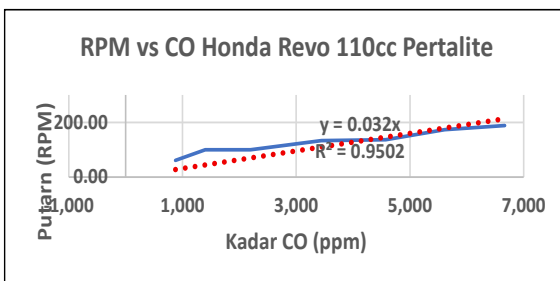
Gambar 7h. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Suzuki 145cc



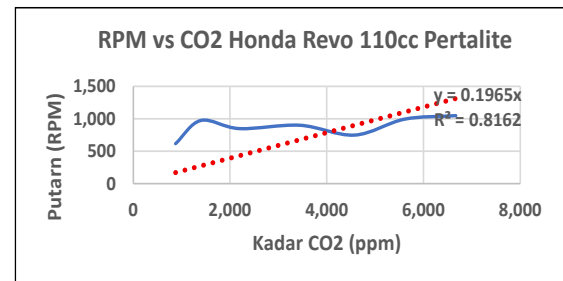
Gambar 7d. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda Beat 110cc



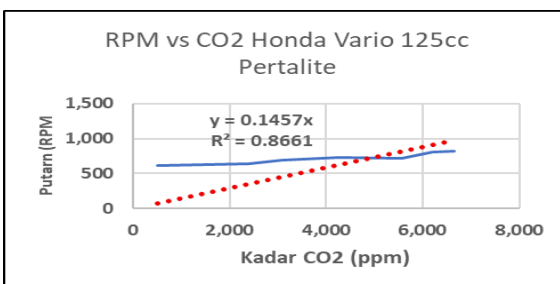
Gambar 7i. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda Beat 110cc



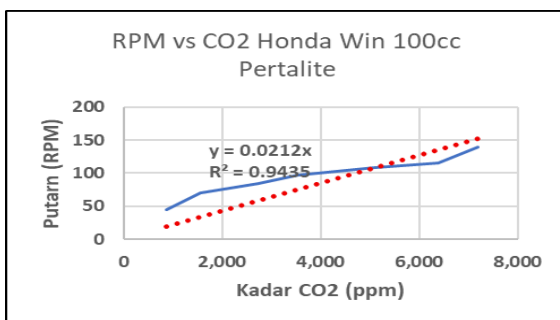
Gambar 7e. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda Revo 110cc



Gambar 7j. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda Revo 110cc



Gambar 7f. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda Vario 125cc



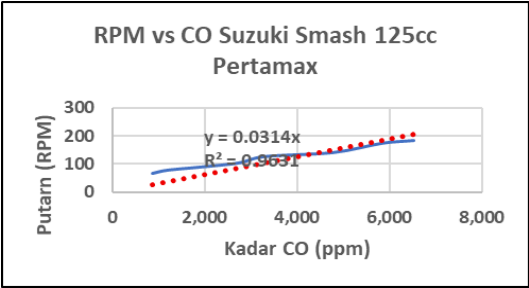
Gambar 7g. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda Win 100cc

Rekapitulasi korelasi dan persamaan regresi linier keeratan hubungan antara RPM dan kadar CO dan CO2 dari gambar 7 ditunjukkan pada tabel 4.

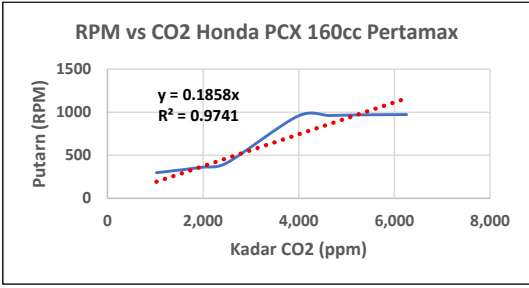
Tabel 4. RPM vs CO dan CO2 bahan bakar Peralite

No	Data	Kadar CO		Kadar CO2	
		R2	y	R2	y
1	Honda Vario 125cc	0.9488	0.0273	0.8883	0.1471
2	Honda Win 100cc	0.9788	0.0277	0.9435	0.0212
3	Suzuki 145cc	0.9409	0.0264	0.8596	0.1427
4	Honda Beat 110cc	0.9513	0.032	0.8166	0.1963
5	Honda Revo 110cc	0.9502	0.032	0.8162	0.1965

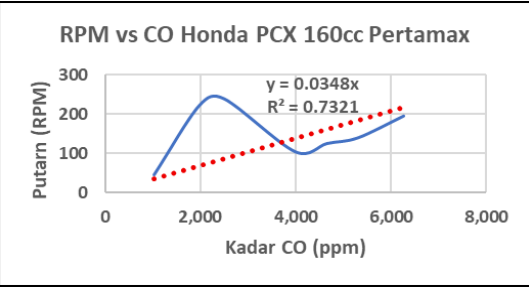
Korelasi rpm terhadap kadar CO untuk bahan bakar Pertamina ditunjukkan pada gambar 8a hingga gambar 8e, sedangkan korelasi rpm terhadap kadar CO2 bahan bakar Pertamina ditunjukkan pada gambar 8f hingga 8j.



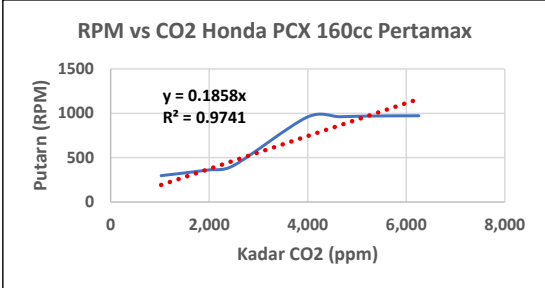
Gambar 8a. Korelasi rpm terhadap kadar CO Suzuki Smash 125cc



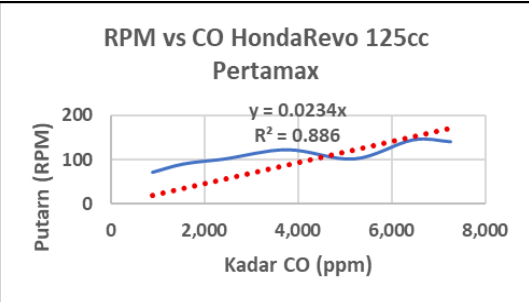
Gambar 8f. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Suzuki Smash 125cc



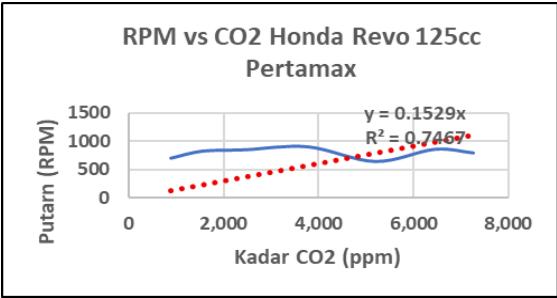
Gambar 8b. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda PCX 160cc



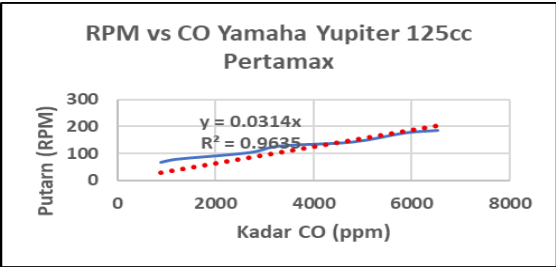
Gambar 8g. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda PCX 160cc



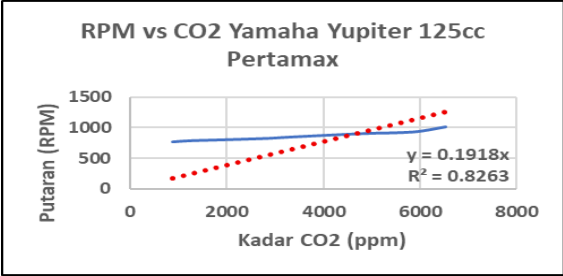
Gambar 8c. Korelasi rpm terhadap kadar CO Honda Revo 125cc



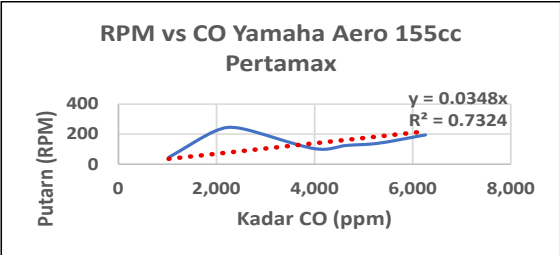
Gambar 8h. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Honda Revo 125cc



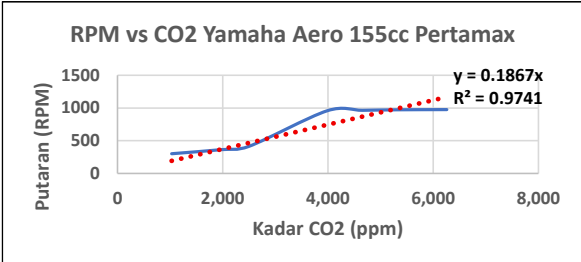
Gambar 8d. Korelasi rpm terhadap kadar CO Yamaha Yupiter 125cc



Gambar 8i. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Yamaha Yupiter 125cc



Gambar 8e. Korelasi rpm terhadap kadar CO Yamaha Aero 155cc



Gambar 8j. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Yamaha Aero 155cc

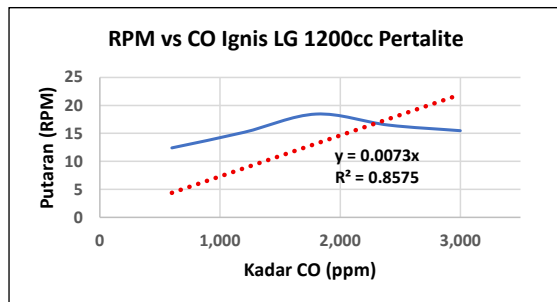
Rekapitulasi korelasi dan persamaan regresi linier untuk keerratan hubungan antara RPM dan kadar CO dan CO2 dari gambar 8a hingga gambar 8j ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. RPM vs CO dan CO2 bahan bakar Pertamina

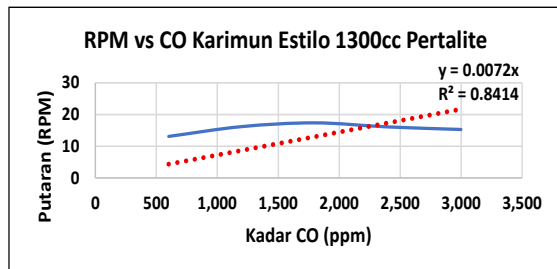
No	Data	CO		CO2	
		R2	y	R2	y
1	Suzuki Smash 125cc	0.9631	0.0314	0.826	0.1909
2	Honda PCX 160cc	0.7321	0.034	0.9741	0.1858
3	Honda Revo 125cc	0.886	0.0234	0.7462	0.1529
4	Yamaha Jupiter 125c	0.9635	0.0314	0.8263	0.1918
5	Yamaha Aero 155cc	0.7324	0.0348	0.9741	0.1867

C.1.2. Kendaraan Roda Empat

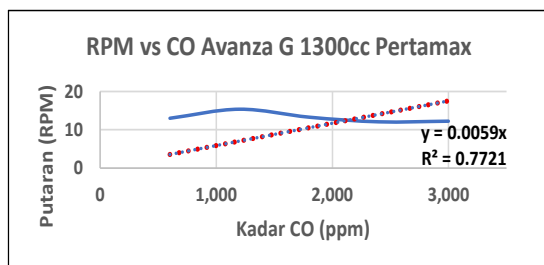
Korelasi antara RPM dan kadar CO untuk kendaraan roda 4 ditunjukkan pada gambar 9a hingga gambar 9c, sedangkan korelasi antara RPM dan kadar CO2 kendaraan roda 4 ditunjukkan pada gambar 9d hingga gambar 9 f.



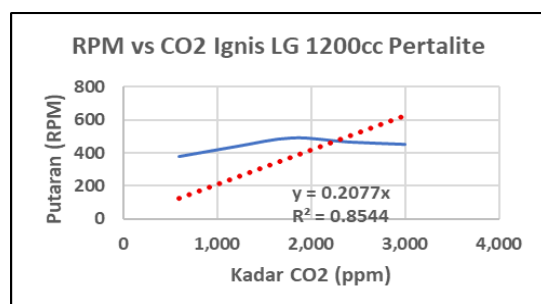
Gambar 9a. Korelasi rpm terhadap kadar CO Ignis LG 1200cc



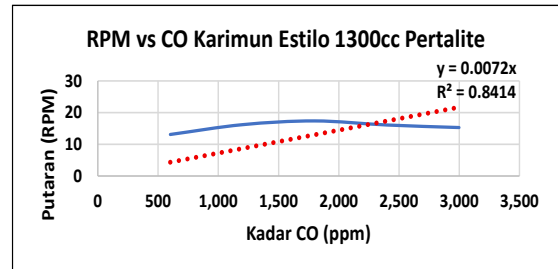
Gambar 9b. Korelasi rpm terhadap kadar CO Suzuki Estilo 1300cc



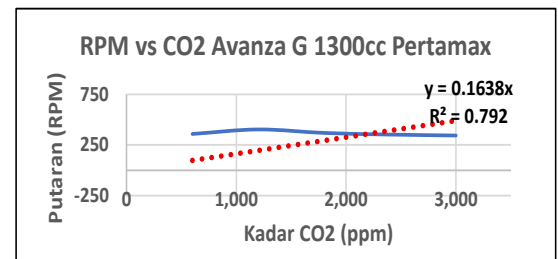
Gambar 9c. Korelasi rpm terhadap kadar CO Avanza G 1300cc



Gambar 9d. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Ignis 1200cc



Gambar 9e. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Karimun 1300cc



Gambar 9f. Korelasi rpm terhadap kadar CO2 Avanza G 1300cc

Rekapitulasi korelasi dan persamaan regresi linier untuk keerratan hubungan antara RPM dan kadar CO dan CO2 dari gambar 9a hingga gambar 9f ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. RPM vs CO dan CO2 Kendaraan roda Empat

No	Data	CO		CO2	
		R2	y	R2	y
1	Ignis GL 2018 1200cc (Pertalite)	0.8575	0.0073x	0.8544	0.2077x
2	Karimun Etilo 2011 1300cc (Pertalite)	0.8414	0.0072x	0.8614	0.2163x
3	Avanza G 2011 1300c (Pertamax)	0.7721	0.0059x	0.792	0.1638x

Emisi CO Sepeda Motor umumnya lebih tinggi daripada mobil dapat disebabkan oleh :

1. Perbedaan Teknologi Mesin dan Sistem Emisi [10]

Sebagian besar sepeda motor—terutama motor lama atau berkapasitas kecil—masih menggunakan teknologi mesin yang lebih sederhana dibandingkan mobil. Banyak motor:

- Menggunakan karburator atau sistem injeksi sederhana.
- Tidak dilengkapi catalytic converter tiga arah yang efektif seperti pada mobil modern.
- Memiliki kontrol rasio udara–bahan bakar yang kurang presisi.

Akibatnya, proses pembakaran cenderung tidak sempurna, sehingga menghasilkan karbon monoksida (CO) dalam jumlah lebih besar.

Sebaliknya, mobil modern umumnya sudah dilengkapi:

- Electronic Fuel Injection (EFI) dengan sensor oksigen (lambda sensor).
- Engine Control Unit (ECU) yang mampu menjaga pembakaran mendekati kondisi stoikiometrik.
- Catalytic converter yang secara aktif mengoksidasi CO menjadi CO₂

2. Karakteristik Operasi Mesin [11]

Sepeda motor sering beroperasi pada:

- Putaran mesin (RPM) tinggi,

- Perubahan beban yang cepat (akselerasi-deselerasi),
- Kondisi stop-and-go di lalu lintas perkotaan. Kondisi ini memperbesar peluang campuran bahan bakar menjadi terlalu kaya (rich mixture), yang secara langsung meningkatkan emisi CO. Mobil, khususnya dengan transmisi otomatis dan manajemen mesin yang stabil, relatif lebih konsisten dalam menjaga kualitas pembakaran.

3. Standar Regulasi Emisi [12]

Standar emisi untuk mobil umumnya lebih ketat dan penerapannya lebih diawasi dibandingkan sepeda motor. Hal ini mendorong produsen mobil untuk mengadopsi teknologi pengendalian emisi yang lebih maju, sedangkan pada sepeda motor—khususnya kelas ekonomi—optimalisasi emisi sering menjadi prioritas sekunder.

Pertalite dan Pertamina memberikan hasil emisi yang berbeda dapat disebabkan oleh :

1. Perbedaan Angka Oktan (RON) [13]

- Pertalite: RON ± 90
 - Pertamina: RON $\pm 92-95$
- Bahan bakar dengan RON lebih tinggi (Pertamax):
- Lebih tahan terhadap knocking.
 - Lebih sesuai untuk mesin dengan rasio kompresi tinggi.
 - Memungkinkan waktu pengapian lebih optimal, sehingga pembakaran lebih sempurna. Jika mesin dirancang untuk RON tinggi tetapi menggunakan Pertalite, pembakaran cenderung kurang optimal dan menghasilkan CO lebih tinggi.

2. Komposisi Kimia dan Aditif [14]

Pertamax umumnya mengandung:

- Aditif pembersih (detergent additives) yang menjaga injektor dan ruang bakar tetap bersih.
- Kandungan hidrokarbon yang lebih terkendali dan homogen.

Sebaliknya, Pertalite dengan aditif lebih minimal:

- Lebih mudah meninggalkan residu karbon.
- Dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas pembakaran, sehingga emisi CO meningkat.

3. Kesesuaian dengan Sistem Kontrol Mesin [15]

Pada mesin ber-ECU:

- Penggunaan Pertamina memungkinkan ECU bekerja dalam rentang pengapian dan pembakaran yang optimal.
- Penggunaan Pertalite dapat memicu penyesuaian defensif ECU (retard ignition), yang menurunkan efisiensi pembakaran dan meningkatkan CO. Pada mesin karburator, perbedaan ini tetap berpengaruh, tetapi cenderung kurang terkompensasi, sehingga variasi emisi bisa lebih besar.

Faktor lain yang mempengaruhi variasi Emisi adalah : usia kendaraan, kondisi dan kualitas perawatan serta Interaksi teknologi dan bahan bakar [16]

C2. Analisis Komparasi

Analisis komparasi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar variabel CO2 hasil pengukuran alat desain dengan CO2 hasil pengukuran Sndway CO2 meter SW-723 (CO2 ref) [17], [18],[19] . Uji komparasi menggunakan analisis Mann Whitney untuk bahan bakar Pertalite ditunjukkan pada tabel 7a hingga tabel 7e, sedangkan untuk bahan bakar Pertamina ditunjukkan pada tabel 7f hingga tabel 7j.

:

Tabel 7a. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda Vario 125cc
t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	715.1428571	732.1428571
Variance	5878.47619	4880.47619
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.997297929	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-5.182082815	
P(T<=t) one-tail	0.001025092	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.002050185	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah P(T<=t) two-tail adalah 0.002050185 dan <0.05 maka hipotesisnya adalah **berbeda nyata**

.

Tabel 7b. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda Win 100cc
t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	94	99.28571429
Variance	958	1033.904762
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.990391826	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-3.083333333	
P(T<=t) one-tail	0.010785436	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.021570872	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah P(T<=t) two-tail adalah 0.021570872 dan <0.05 maka hipotesisnya adalah **berbeda nyata**

Tabel 7c. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Suzuki 145cc
t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	786.7142857	794.4285714
Variance	28843.57143	28348.28571
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.99994008	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-8.646920305	
P(T<=t) one-tail	6.59207E-05	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.000131841	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah P(T<=t) two-tail adalah 0.000131841 dan <0.05 maka hipotesisnya adalah **berbeda nyata**

Tabel 7d. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda Beat 110cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	875.2857143	881.4285714
Variance	23162.2381	23230.61905
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999926157	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-8.717012181	
P(T<=t) one-tail	6.30005E-05	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.000126001	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 0.000126001 dan < 0.05 maka hipotesisnya adalah **berbeda nyata**

Tabel 7e. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda Revo 110cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	875.2857143	878.4285714
Variance	23162.2381	23263.61905
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999647491	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-2.048543822	
P(T<=t) one-tail	0.043208033	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.086416065	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 0.086416065 dan > 0.05 maka hipotesisnya adalah **tidak berbeda nyata**

Tabel 7f. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Suzuki Smash 125cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	864.8571429	867.8571429
Variance	6733.809524	6646.47619
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.998526533	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-1.774823935	
P(T<=t) one-tail	0.063139062	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.126278123	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 0.126278123 dan > 0.05 maka hipotesisnya adalah **Tidak berbeda nyata**

Tabel 7g. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda PCX 160cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	703.4285714	708.4285714
Variance	106919.619	106573.619
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999991945	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-9.354143467	
P(T<=t) one-tail	4.23231E-05	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	8.46462E-05	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 8.46462×10^{-5} dan < 0.05 maka hipotesisnya adalah **Berbeda nyata**

Tabel 7h. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Honda Revo 125cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	799.8571429	804.4285714
Variance	8987.142857	8953.619048
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999967241	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-15.37230277	
P(T<=t) one-tail	2.39468E-06	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	4.78935E-06	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 4.78935×10^{-6} dan < 0.05 maka hipotesisnya adalah **Berbeda nyata**

Tabel 7i. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Yamaha Yupiter 125c

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	869.8571429	873.8571429
Variance	6733.809524	6689.142857
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999980703	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-18.33030278	
P(T<=t) one-tail	8.49324E-07	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	1.69865E-06	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 1.69865×10^{-6} dan < 0.05 maka hipotesisnya adalah **Berbeda nyata**

Tabel 7j. Analisis uji beda CO2 dan CO2 ref Yamaha Aero 155cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	708.4285714	713.2857143
Variance	106919.619	106165.9048
Observations	7	7
Pearson Correlation	0.999994635	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-8.166535844	
P(T<=t) one-tail	9.0726E-05	
t Critical one-tail	1.943180281	
P(T<=t) two-tail	0.000181452	
t Critical two-tail	2.446911851	

Karena $P(T \leq t)$ two-tail atau Pvalue adalah 0.000181452 dan < 0.05 maka hipotesisnya adalah **berbeda nyata**

Analisis komparasi antar variabel CO2 hasil pengukuran alat desain dengan CO2 hasil pengukuran Sndway CO2 meter SW-723 untuk kendaraan roda empat ditunjukkan pada tabel 8a hingga 8c.

Tabel 8a. Analisis uji beda CO2 dan CO2 Pertalite Ignis GL 2018 1200cc

1 Mobil Pertalite

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	445.6	446.8
Variance	1661.3	979.2
Observations	5	5
Pearson Correlation	0.575409666	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	-0.078356095	
P(T<=t) one-tail	0.470653988	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.941307977	
t Critical two-tail	2.776445105	

Karena Pvalue adalah $P(T \leq t)$ two-tail adalah 0.941307977 dan > 0.05 maka hipotesisnya adalah **Tidak berbeda Nyata**

Tabel 8b. Analisis uji beda CO₂ dan CO₂ Pertalite Karimun Estilo 2011 1300cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	462.2	456.6
Variance	1899.2	1178.3
Observations	5	5
Pearson Correlation	0.992087266	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	1.197741088	
P(T<=t) one-tail	0.148568906	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.297137813	
t Critical two-tail	2.776445105	

Karena Pvalue adalah P(T<=t) two-tail adalah 0.297137813 dan >0.05 maka hipotesisnya adalah **Tidak berbeda Nyata**

Tabel 8c. Analisis uji beda CO₂ dan CO₂ Avanza G 2011 1300cc

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Variable 1	Variable 2
Mean	365.6	358.4
Variance	519.8	771.3
Observations	5	5
Pearson Correlation	0.721275546	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	0.82840747	
P(T<=t) one-tail	0.22700306	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.454006119	
t Critical two-tail	2.776445105	

Karena Pvalue adalah P(T<=t) two-tail adalah 0.454006119 dan >0.05 maka hipotesisnya adalah **Tidak berbeda Nyata**

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap 10 sepeda motor, baik pertalite maupun pertamax, kadar CO pada putaran diatas 1000 rpm menyebabkan emisi CO berada diatas NAB sedangkan kadar CO₂ masih dalam batas NAB yang aman. Hasil pengukuran terhadap 3 kendaraan roda empat, kadar CO dan CO₂, baik pertalite maupun pertamax masih dalam batas NAB yang aman. Terdapat korelasi yang signifikan antara putaran mesin dan kadar emisi, makin tinggi putaran makin tinggi kadar emisinya. Hasil uji komparasi dengan alat CO₂ referensi menunjukkan adanya dua interpretasi, yaitu ada perbedaan dan tidak ada perbedaan. Berdasar interpretasi ini maka perlu dilakukan pengujian dengan sample yang lebih banyak dengan berbagai variasi rpm.

Rekomendasi yang dapat diberikan adalah bahwa alat desain layak digunakan sebagai alat pengukuran emisi CO dan CO₂, baik untuk bahan bakar pertalite, Pertamax maupun solar.

Desain alat monitoring perlu dikembangkan agar dapat dioperasikan dengan jumlah operator yang lebih sedikit, misalnya dengan sistem otomatisasi atau mekanisme penahan sensor. Disarankan untuk memperluas pengambilan data dengan melibatkan kendaraan keluaran terbaru serta penggunaan berbagai jenis bahan bakar (termasuk biofuel dan campuran etanol). Posisi dan sudut pemasangan sensor terhadap knalpot perlu dikaji ulang agar menghasilkan pengukuran yang lebih akurat dan konsisten. Untuk peningkatan validitas data, pengujian alat monitoring perlu diperluas dengan pembandingan berupa alat referensi pengukur CO selain CO₂, guna memperoleh validasi ganda terhadap performa alat.

REFERENSI

- [1] Riandi Ramlan and Dani Mardiyana, "Modifikasi Knalpot mesin Diesel untuk mengurangi emisi dan kebisingan di pabrik penggilingan Padi," *J. Permadi Peranc. Manufaktur Mater. Dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 80–90, May 2022, doi: 10.52005/permadi.v4i2.90.
- [2] "Penerapan baku mutu Emisi Kendaraan bermotor kategori M, N, O dan L." Permen LH no.8 Tahun 2023, 2023.
- [3] Dinas LH DKI, "Pemantauan Kualitas Udara DKI," 2023.
- [4] I. A. Hardiyana, "Identifikasi Konsentrasi CO, CO₂, NO₂, SO₂ dan PM₁₀ yang terukur di Stasiun GAW Bukit Kototabang 2019-2023," 2023.
- [5] R. Mulyana, "Alat Monitoring Emisi gas buang Kendaraan bermotor berbasis Android." Universitas Koputer Indonesi, 2021.
- [6] T. Suryana, "Implementasi Modul Sensor MQ2 untuk mendeteksi Polutan gas di udara," *J. Komputa Unikom*, 2021.
- [7] M. Ferdnain, "Analisis uji emisi gas buang kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap lingkungan di kota Balikpapan," 2016.
- [8] J. Winarno, "Studi Emisi gas buang Kendaraan bermesin Bensin pada berbagai merk dan tahun pembuatan," *J. Tek.*, vol. 4, 2014.
- [9] A. Priyanto, S. Setiawidayat, and F. Rofii, "Design and Build an IoT Based Prepaid Water Usage Monitoring System and Telegram Notifications," *JEEE-U J. Electr. Electron. Eng.-UMSIDA*, vol. 5, no. 2, pp. 197–213, Oct. 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i2.1527.
- [10] I. Prasetyo, Y. Saputro, and A. R. Khalilullah, "Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan Teknologi VVT-I Dengan Dual VVT-I," vol. 9, no. 1, 2021.
- [11] S. Syarifudin, F. Fatkhurrozaq, F. L. Sanjaya, E. Yohana, and S. Syaiful, "Karakteristik Emisi CO dan HC Mesin bensin SOHC 110cc Berbahan bakar Pertalite-Alkohol," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 189–193, Jan. 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1067.
- [12] K. LHK, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 8 Tahun 2023." Kementerian LHK, 2023.
- [13] M. H. Albana, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar dengan Angka Oktan yang Berbeda terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Mesin".
- [14] A. Altrinaldo and R. Abu, "Analisis Tingkat Emisi Gas Buang, Konsumsi Bahan Bakar Dan Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar Pertamax Dan Campuran Pertamax Etanol," vol. 4, no. 1.
- [15] A. I. Y. Gunadi, D. Kurnianto, and N. A. Zen, "Sistem Deteksi Gas Beracun CO dan NO_x Pada Kabin Mobil Berbasis Internet of Things," *J. Telecommun. Electron. Control Eng. JTECE*, vol. 7, no. 1, pp. 51–63, Jan. 2025, doi: 10.20895/jtece.v7i1.1640.
- [16] E. Maret, "Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar

- Lampung) Devianti Muziansyah¹) Rahayu Sulistyorini²) Syukur Sebayang³)”.
- [17] S. Setiawidayat, “Komparasi Hasil Pemeriksaan Jantung antara Perangkat ECGs dan ECGd menggunakan uji Mann-Whitney,” *Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. CIIASTECH*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [18] M. M. Al-Kassab and A. H. Majeed, “The use of Two Sample t-Test in the real data,” *Adv. Appl. Stat.*, vol. 81, pp. 13–22, Sep. 2022, doi: 10.17654/0972361722071.
- [19] F. Felix and S. Setiawidayat, “Perancangan Alat Monitoring Emisi Gas Buang Kendaraan berbahan bakar Solar,” *J. JEETech*, vol. 6, no. 2, pp. 167–176, Nov. 2025, doi: 10.32492/jeetech.v6i2.6208.