



Analisis Penambahan *Heat Exchanger* Pada Knalpot Dan Waktu Kinerja Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 Langkah

Andi Yulianto¹, Aditya Wahyu Pratama^{1*}, dan Dwi Djoko Suranto¹

¹Program Studi Mesin Otomotif, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

* Korespondensi: dwi_joko@polije.ac.id

Sitasi: Yulianto, Andi.; Pratama, Aditya Wahyu.; Suranto, Dwi Djoko. (2024). Analisis Penambahan *Heat Exchanger* dan Waktu Kinerja Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Seped Motor 4 Langkah. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(3) N(2), hlm. 54-62



Copyright: © 2024 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract: *The advancement of automotive technology has led to numerous cutting-edge innovations, resulting in a proliferation of vehicles in society. However, this surge in vehicle numbers has consequently escalated exhaust emissions, necessitating immediate attention to address the exhaust gas issue. Exhaust gas emissions, comprising leftover fuel combustion within internal combustion engines, contain pollutants such as Nitrogen Oxides (NO_x), Carbon Monoxide (CO), Hydrocarbons (HC), and lead-containing dust particles (Pb). By installing a heat exchanger device using firstx fuel at 1500 RPM for 5, 10, and 15-minute durations. The research findings revealed a decrease in exhaust emissions: CO, CO₂, O₂, and HC concentrations before cooling were 0.83%Vol, 10.2%Vol, 8.95%Vol, and 137 ppm, respectively. Following cooling with a shell and tube apparatus across time variations and fluid flow rates, the most significant reduction occurred at a 15-minute interval and a fluid flow rate of 6 lpm, yielding concentrations of 0.43%Vol, 7.4%Vol, 12.01%Vol, and 72.5 ppm. The most notable reduction achieved in this study, using a 15-minute interval and a fluid flow of 6 lpm, included a 48.1% decrease in CO gas, a 27.4% decrease in CO₂ gas content, a 34.1% increase in O₂ gas, and a 47% reduction in HC gas emissions.*

Keywords: *Heat exchanger, Exhaust, Exhaust Gas Emissions, Time Variation*

Abstrak: Perkembangan teknologi otomotif saat ini telah menghasilkan inovasi-inovasi terbaru yang lebih canggih, meningkatkan jumlah kendaraan yang beredar di masyarakat. Namun, peningkatan jumlah kendaraan juga mengakibatkan peningkatan emisi gas buang. Gas buang, yang merupakan sisa pembakaran bahan bakar di dalam mesin, mengandung polutan seperti Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan partikel debu yang mengandung timbal (Pb). Penelitian ini menggunakan alat heat exchanger yang menggunakan bahan bakar pertamax pada 1500 RPM selama 5, 10, dan 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan emisi gas buang terbaik terjadi pada variasi waktu 15 menit dengan laju aliran fluida 6 lpm. Sebelum pendinginan, kandungan gas buang CO, CO₂, O₂, dan HC adalah 0,83%Vol, 10,2%Vol, 8,95%Vol, dan 137 ppm, masing-masing. Setelah pendinginan, dengan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm, kandungan gas CO, CO₂, O₂, dan HC menjadi 0,43%Vol, 7,4%Vol, 12,01%Vol, dan 72,5 ppm, masing-masing. Ini menunjukkan penurunan yang signifikan, dengan penurunan gas CO sebesar 48,1%, penurunan CO₂ sebesar 27,4%, kenaikan O₂ sebesar 34,1%, dan penurunan HC sebesar 47%.

Kata kunci: *Heat exchanger, Knalpot, Emisi Gas Buang, Variasi Waktu*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi otomotif pada saat ini banyak yang membuat inovasi terbaru dan lebih canggih, hal ini mengakibatkan banyak kendaraan yang beredar di masyarakat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Pada tahun 2022

berjumlah 125,267,349 juta unit sepeda motor [1]. Tingginya jumlah penduduk yang mempengaruhi meningkatnya jumlah kendaraan, memiliki sifat konsumtif yang suka membeli kendaraan, dan belum ada peraturan yang mengatur tentang pertumbuhan kendaraan masyarakat.

Semakin meningkatnya kendaraan pada masyarakat maka semakin banyak juga peningkatan jumlah emisi gas buang sehingga masalah gas buang harus segera diatasi, Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang di keluarkan melalui pembuangan mesin [2]. Pembakaran terjadi karena adanya percikan bunga api pada ruang bakar yang dihasilkan oleh busi, celah busi tidak standar berdampak pada hasil pembakaran serta menghasilkan emisi gas buang yang berbahaya. Polutan yang terkandung pada gas buang hasil sisa pembakaran antara lain: Nitrogen Oksida (NO_x), Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan pertikel debu yang mengandung timbal (Pb) [3]. Beberapa dampak yang dihasilkan dari unsur kimia tersebut dapat langsung mempengaruhi sistem pernapasan, contohnya kanker pada paru-paru, penyakit pada saluran tenggorokan yang bersifat akut maupun kronis [4]. Melihat dari banyaknya kandungan berbahaya yang terdapat pada sisa pembakaran, pada kendaraan oleh karena itu dibutuhkan alat tambahan atau komponen yang dapat mengurangi emisi gas buang kendaraan. Salah satu upaya dalam menangani masalah emisi gas buang dengan penambahan suatu alat heat exchanger dan catalytic converter pada knalpot kendaraan.

Pemilihan alat heat exchanger dikarenakan memiliki kelebihan bisa digunakan pada suhu berapapun dibandingkan dengan catalytic converter yang dimana memerlukan suhu tinggi terlebih dahulu agar dapat bekerja dengan optimal. Penelitian ini sebelumnya sudah dilakukan oleh saudara Rega Nanda Ari Putranto dan Estu Dian Nugroho. Penelitian tersebut dilakukan dengan menurunkan suhu pada knalpot untuk menurunkan kandungan polutan emisi gas buang dan didapatkan hasil penurunan kandungan emisi gas CO, CO₂, HC, meningkatkan kandungan O₂ dan berpengaruh terhadap nilai lambda apabila dibandingkan dengan tanpa adanya pendinginan, Penelitian ini dilakukan dengan menurunkan suhu gas buang pada knalpot dengan mengetahui perbedaan sebelum dan sesudah penambahan alat heat exchanger pada knalpot kendaraan bermotor yang bertujuan untuk mengetahui efisisensi penurunan polutan emisi gas buang kendaraan bermotor.

Berdasarkan uraian diatas penulis bermaksud untuk melakukan penelitian lanjutan yang mengacu pada penelitian sebelumnya dengan judul "Analisis Penambahan Heat Exchanger pada knalpot dan waktu klerja terhadap kandungan emisi gas buang sepeda motor 4 langkah". Dengan harapan dapat menurunkan emisi gas buang sepeda motor 4 langkah sampai memenuhi standar Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2020..

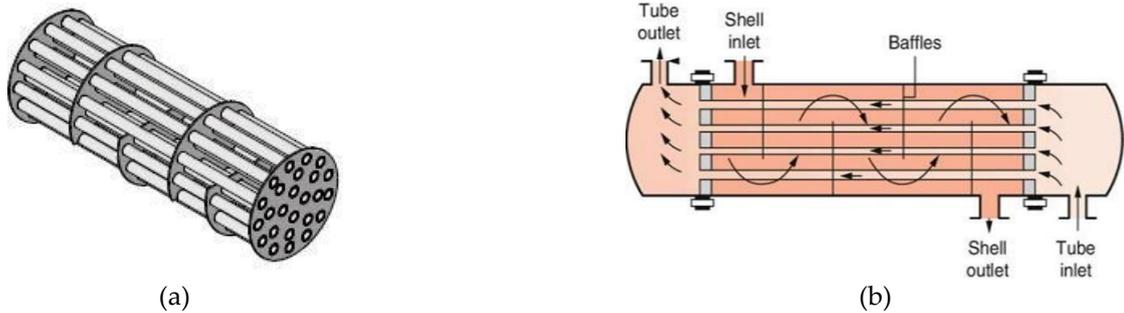
2. Bahan dan Metode

Bahan – bahan untuk menguji penambahan Heat Exchanger Pada knalpot dan waktu kinerja terhadap kandungan emisi gas buang sepeda motor 4 langkah, yaitu :

Tabel 1. Bahan Penelitian

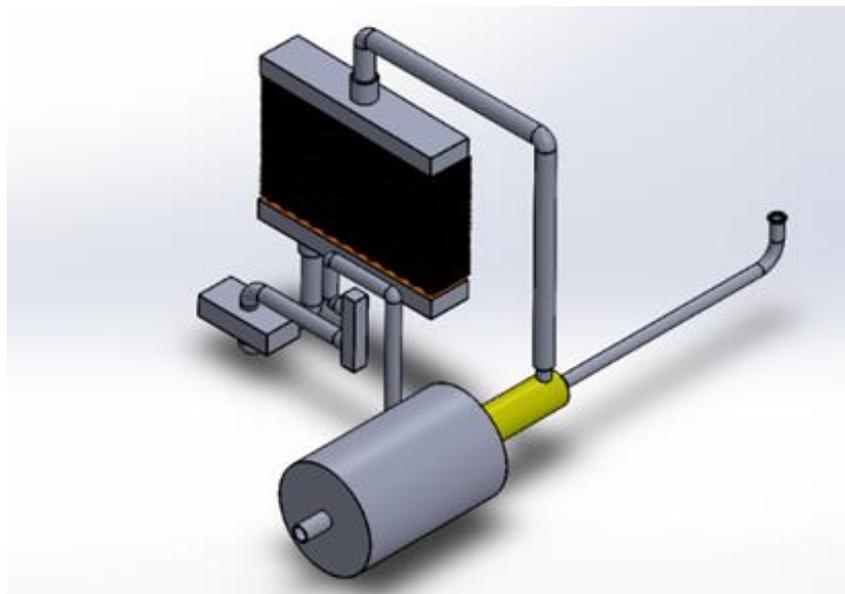
No	Bahan	Fungsi
1.	Radiator mobil Daihatsu Espass	Digunakan sebagai alat pendinginan
2.	Amplas grit 240, 800, dan 1000	Digunakan untuk menghaluskan permukaan yang
3.	Baterai / aki 12 volt	Digunakan untuk sumber tegangan water pump
4.	Selotip	Digunakan untuk merekatkan pipa agar tidak terjadi kebocoran
5.	Klem besi	Digunakan untuk menghubungkan pipa knalpot dengan alat heat exchanger
6.	Bahan bakar pertamax	Digunakan untuk menghidupkan mesin
7.	Knalpot standar motor honda CB 150 R	Digunakan untuk penelitian yang kemudian di modifikasi dengan penambahan heat exchanger
8.	Baut ukuran 10 mm	Digunakan untuk menghubungkan pipa knalpot dengan heat exchanger
9.	Water pump DC 12V debit 2 Lpm	Digunakan untuk memompa air pendingin yang berasal dari radiator dengan percepatan 2 lpm
10.	Water pump DC 12V debit 4 Lpm	Digunakan untuk memompa air pendingin yang berasal dari radiator dengan percepatan 4 lpm
11.	Water pump DC 12V debit 6 Lpm	Digunakan untuk memompa air pendingin yang berasal dari radiator dengan percepatan 6 lpm

12.	Busi standar	Digunakan untuk meneruskan tegangan listrik yang disalurkan oleh koil
13.	Selang tahan panas	Digunakan untuk mengalirkan air radiator
14.	Feeler gauge	Digunakan untuk mrngukur celah busi
15.	Coolant 5 liter	Digunakan untuk mendinginkan radiator
16.	Pipa steinlies	Digunakan untuk alat heat exchanger
17.	Motor CB 150 R tahun 2015	Digunakan untuk penelitian

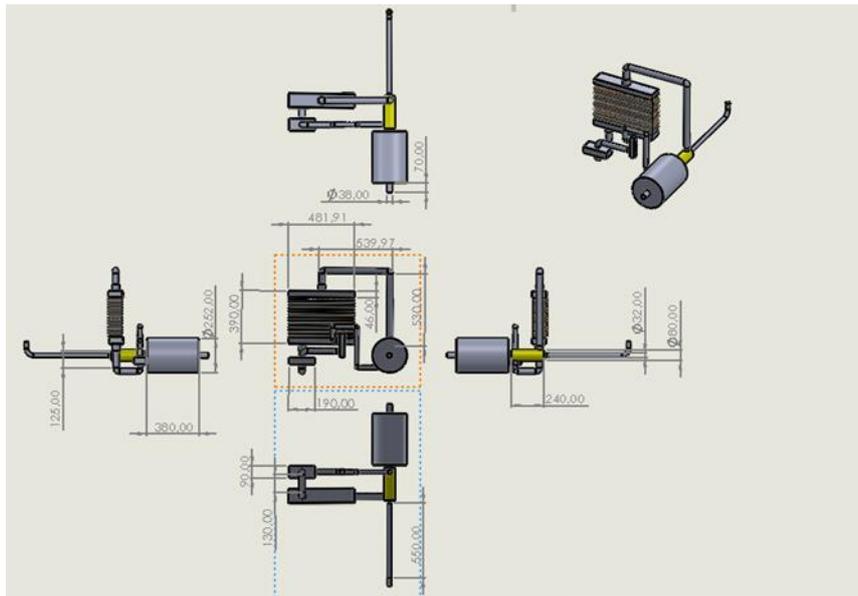


Gamabar 1. Desain (a) Struktur dalam *Shell and Tube* (b) Skema alat dalam *Shell and Tube*

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu pengujian dengan variasi waktu kinerja dan laju aliran fluida radiator. Waktu kinerja 5 menit dan laju aliran fluida 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm diberikan kode A1, A2, dan A3. Waktu kinerja 10 menit dan laju aliran fluida 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm diberikan kode B1, B2, dan B3, selanjutnya Waktu kinerja 15 dan laju aliran fluida 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm diberikan kode C1, C2, dan C3. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Heat Exchanger terhadap kandungan emisi gas buang dan suhu gas buang.



Gambar 2. Skema Alat Uji *Heat Exchanger*



Gambar 3. Desain Alat Heat Exchanger

3. Hasil

Data yang didapatkan dari hasil pengujian yang dilakukan di Bengkel Otomotif SMK Negeri 2 Jember dengan perlakuan pendinginan pada gas buang kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar Pertamina dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit serta kecepatan aliran fluida yaitu 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm sebagai berikut:

1. Kandungan emisi gas buang (CO, CO₂, O₂ dan HC)
2. Suhu gas buang

3.1 Hasil uji emisi gas buang

Hasil dari uji emisi gas buang yang dihasilkan oleh gas analyzer adalah gas CO, Gas CO₂, Gas O₂ dan Gas HC. Kandungan emisi yang dibahas pada bab ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Emisi Gas Buang

No.	Variasi	Kandungan Emisi Gas Buang							
		CO (%Vol)		CO ₂ (%Vol)		O ₂ (%Vol)		HC (ppm)	
1.	Standar	0,77		10,0		9,14		153	
		0,90	0,83	10,5	10,25	8,76	8,95	121	137
2.	A1	0,57		8,4		10,85		80	
		0,51	0,54	7,3	7,8	11,61	11,23	70	75
3.	A2	0,63		8,0		11,62		70	
		0,42	0,52	7,4	7,7	11,63	11,62	68	69
4.	A3	0,38		7,6		12,15		69	
		0,59	0,48	7,4	7,5	11,67	11,91	71	70
5.	B1	0,53		7,8		11,79		84	
		0,49	0,51	7,6	7,7	11,94	11,86	72	78
6.	B2	0,45		7,2		11,83		72	
		0,45	0,45	7,0	7,1	12,01	11,92	69	70
7.	B3	0,45		6,8		11,94		66	
		0,46	0,45	7,1	6,9	12,06	12	63	64
8.	C1	0,48		9,7		9,89		83	
		0,70	0,59	9,3	9,5	10,07	9,98	92	87,5
9.	C2	0,53		8,2		11,22		91	
		0,43	0,48	8,0	8,1	11,58	11,4	68	79,5
10.	C3	0,52		7,6		11,79		76	
		0,34	0,43	7,2	7,4	12,3	12,01	69	72,5

Dalam hasil uji emisi gas buang pada tabel 3.2 diatas dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang memiliki penurunan emisi gas buang terbaik setelah dilakukan pendinginan adalah menggunakan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm. Untuk kandungan gas CO sebelum dilakukan pendinginan atau variasi mendapatkan hasil 0,83 %Vol,

sedangkan setelah dilakukan pendinginan atau variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm didapatkan hasil 0,43 %Vol, dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan gas CO sebesar 48,1 %. Untuk gas CO₂ sebelum dilakukan pendinginan atau variasi mendapatkan hasil 10,25 %Vol, sedangkan setelah didinginkan dengan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm didapatkan hasil 7,4 %Vol, dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan kandungan gas CO₂ sebesar 27,4 %. Untuk gas O₂ sebelum dilakukan pendinginan atau variasi mendapatkan hasil 8,95 %Vol, sedangkan setelah dilakukan pendinginan dengan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm didapatkan hasil 12,01 %Vol, dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan gas O₂ sebesar 34,1 %. Untuk gas HC sebelum dilakukan pendinginan atau variasi mendapatkan hasil 137 ppm, sedangkan setelah dilakukan pendinginan dengan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm didapatkan hasil 72,5 ppm, dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan emisi gas HC sebesar 47 % setelah dilakukan pendinginan.

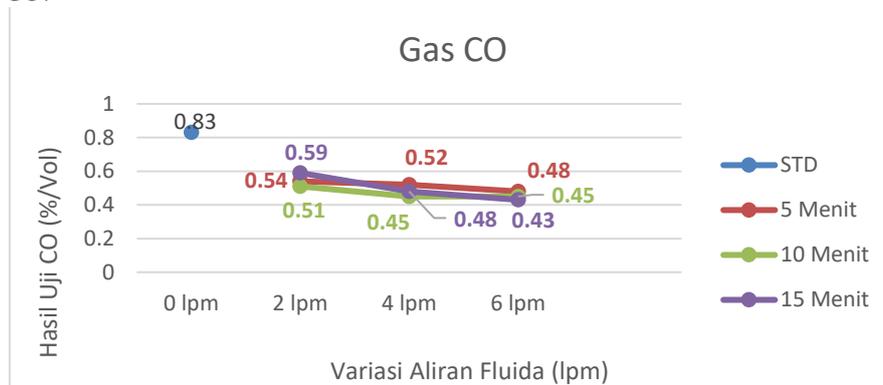
Tabel 3. Perbedaan Suhu

No.	Variasi	Suhu (°C)	
		Sebelum Pendinginan	Sesudah Pendinginan
1.	Standar	247	
		233	
	Rata-rata	240	
2.	A1	230	38,8
		230	37,2
	Rata-rata	230	38
3.	A2	233	38,1
		185	36,6
	Rata-rata	209	37,3
4.	A3	201	33,9
		186	35,7
	Rata-rata	193,5	34,8
5.	B1	178	36,2
		177	35,4
	Rata-rata	177,5	35,8
6.	B2	247	35,6
		208	34,9
	Rata-rata	227,5	35,2
7.	B3	206	33,8
		189	34,7
	Rata-rata	197,5	34,2
8.	C1	188	40,5
		188	40,1
	Rata-rata	188	40,3
9.	C2	187	37,5
		187	37,5
	Rata-rata	187	37,5
10.	C3	200	31,7
		182	34,6
	Rata-rata	191	33,1

Pada tabel 3. diatas dapat diketahui bahwa suhu gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan memiliki suhu tinggi. Namun setelah adanya perlakuan pendinginan maka suhu gas buang tersebut dapat menurun, sehingga terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Penurunan suhu terbaik pada penelitian ini dapat terlihat pada variasi alat heat exchanger dengan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm. Suhu sebelum didinginkan sebesar 191°C sedangkan setelah pendinginan suhu gas buang menurun menjadi 33,1°C, sehingga persentase penurunan suhu gas buang sebelum dan sesudah adanya pendinginan sebesar 82,6%.

4. Pembahasan

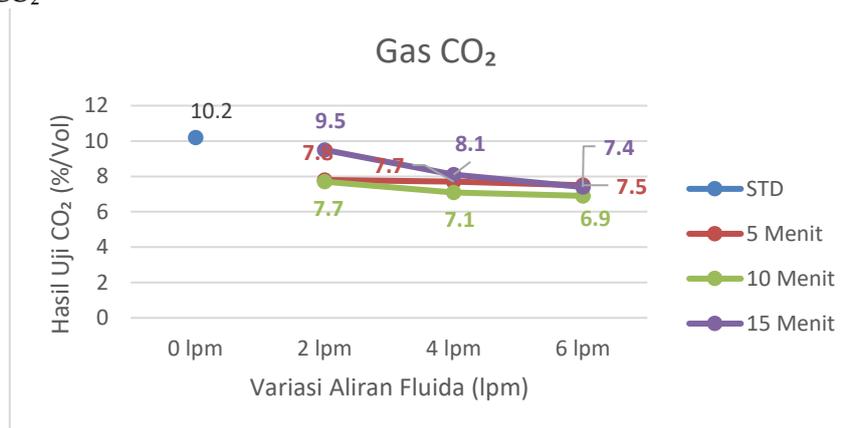
4.1 Kandungan gas CO.



Gambar 3 Kandungan Gas CO

Pada gambar 3 diatas dapat diketahui bahwa hasil pengujian gas CO pada kendaraan bermotor menggunakan pendinginan heat exchanger dengan variasi diameter lubang dan laju aliran fluida. Pada kondisi standar didapatkan hasil sebesar 0,83 %Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 2 lpm didapatkan hasil sebesar 0,54 %Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 4 lpm didapatkan hasil sebesar 0,52 %Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 6 lpm didapatkan hasil 0,48%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 2 lpm didapatkan hasil sebesar 0,51 %Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 4 lpm didapatkan hasil sebesar 0,45 %Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran fluida 6 lpm didapatkan hasil sebesar 0,45 %Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 2 lpm didapatkan hasil sebesar 0,59 %Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju 4 lpm didapatkan hasil sebesar 0,48 %Vol, pada variasi 15 menit dan laju aliran 6 lpm didapatkan hasil sebesar 0,43 %Vol. Penelitian ini menggunakan RPM idle dikarenakan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 8 tahun 2023 tentang penerapan baku mutu emisi kendaraan dan bermotor kategori L (sepeda motor), pasal-3 ayat-2 yang mengatakan bahwa “Karbon Monoksida CO dan Hidrokarbon HC untuk kendaraan bermotor kategori L yang berpengerak penyalaan cetus api (bensin) pada kondisi diam (idle) SNI 19-7118.2-2005” . Hasil penelitian ini terjadi penurunan emisi gas CO dengan penurunan terbaik pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm mendapatkan hasil 0,43%Vol, hasil tersebut telah lolos dari ambang batas emisi gas buang CO pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 dengan batas emisi gas CO maksimal 4 %Vol.

4.2 Kandungan Gas CO₂

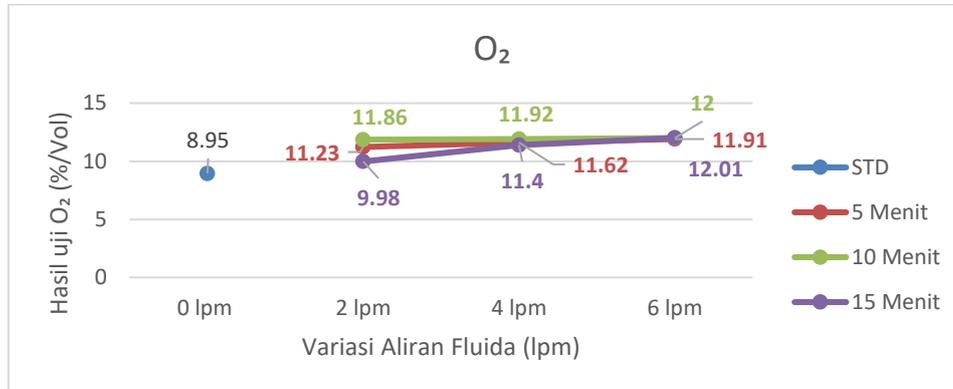


Gambar 4 Kandungan Gas CO₂

Pada gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa hasil pengujian gas CO₂ Pada kendaraan bermotor menggunakan pendinginan heat exchanger dengan variasi diameter lubang dan laju aliran fluida. Pada kondisi standar didapatkan hasil sebesar 10,2%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 7,8%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 7,7%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 7,5%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 7,7%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 4 lpm mendaptkan hasil sebesar 7,1%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 6,9%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 9,5%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 8,1%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 6 lpm mendaptkan hasil sebesar 7,4%Vol. penurunan terbaik gas

CO₂ pada penelitian ini menggunakan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm dengan persentase penurunan sebesar 27,4 %. Penurunan emisi tersebut dikarenakan suhu yang dihasilkan dari pendinginan lebih rendah dari variasi lain. Hal tersebut dipengaruhi oleh pendinginan yang optimal dengan penambahan waktu pengujian dan penambahan aliran fluida pada penelitian ini maka alat shell and tube akan semakin optimal dalam proses pendinginan.

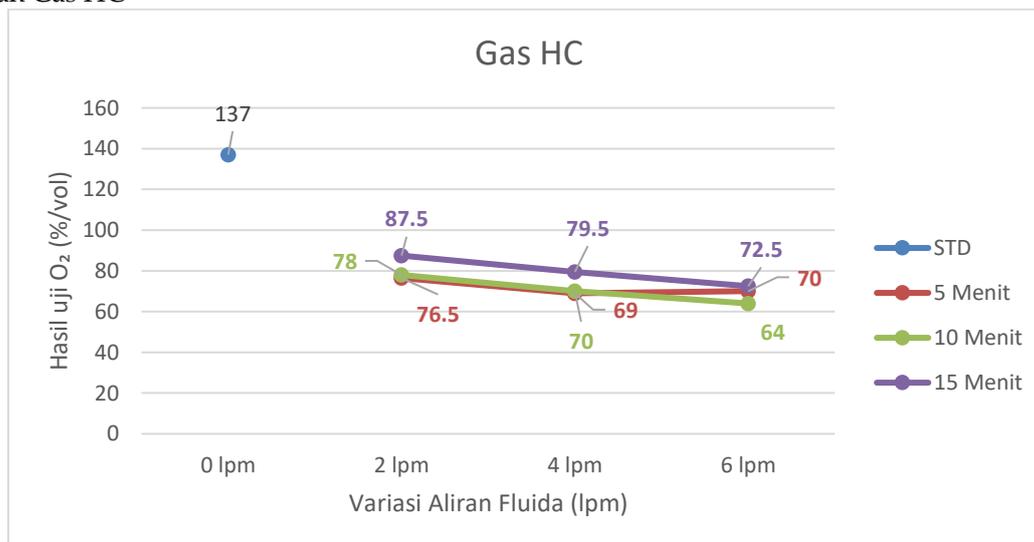
4.3 Kandungan O₂



Gambar 5 Kandungan Gas O₂

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian gas O₂ pada kendaraan bermotor menggunakan pendinginan heat exchanger dengan variasi waktu dan laju aliran fluida. Pada kondisi standar didapatkan hasil sebesar 8,95%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,23%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,62%Vol, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,91%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,86%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,92%Vol, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 12%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 9,98%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 11,4%Vol, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 12,01%Vol. Peningkatan terbaik gas O₂ pada penelitian ini menggunakan variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm dengan persentase kenaikan sebesar 34,1%.

4.4 Kandungan Gas HC

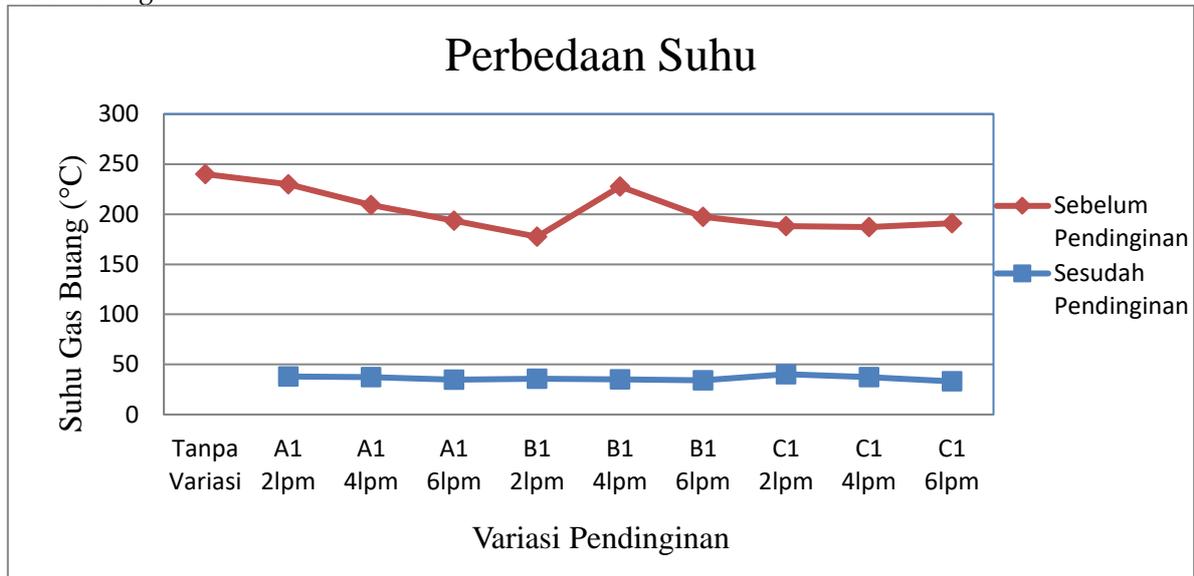


Gambar 6 Kandungan Gas HC

Pada gambar 6. diatas dapat diketahui bahwa hasil pengujian gas HC pada kendaraan bermotor menggunakan pendinginan heat exchanger dengan variasi waktu dan laju aliran fluida. Pada kondisi standar didapatkan hasil sebesar 137 ppm, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 76,5 ppm, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 69 ppm, pada variasi waktu 5 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 70 ppm, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 78 ppm, pada variasi waktu 10 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 70 ppm, pada variasi waktu 10

menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 64 ppm, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 2 lpm mendapatkan hasil sebesar 87,5 ppm, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 4 lpm mendapatkan hasil sebesar 79,5 ppm, pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran 6 lpm mendapatkan hasil sebesar 72,5 ppm. Hasil penelitian ini terjadi penurunan emisi gas HC dengan penurunan terbaik pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm yang mendapatkan hasil 72,5 ppm, hasil tersebut lolos dari ambang batas emisi gas buang HC pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 dengan batas emisi gas HC maksimal 2000 ppm.

4.5 Suhu Gas Buang



Gambar 7 Perbedaan Suhu

Gambar 7 menyatakan bahwa hasil uji emisi suhu gas buang kendaraan berbahan bakar pertamax dengan variasi waktu dan kecepatan aliran fluida mendapatkan hasil yang relatif stabil untuk suhu awal sebelum didinginkan mengikuti suhu lingkungan sekitar sehingga terjadi kenaikan dan penurunan namun tidak berbeda jauh [11]. Pengukuran suhu gas buang pada penelitian ini menggunakan thermocouple Xh- b310 dan sensor tipe K yang diletakkan pada header knalpot sebelum dan sesudah alat heat exchanger dan header knalpot sesudah alat heat exchanger. Hasil pengukuran suhu gas buang sebelum dilakukan pendinginan sekitar 230 – 177,5 °C. Sedangkan setelah dilakukan pendinginan terjadi penurunan suhu gas buang sekitar 40,3 – 33,1 °C. Tingginya hasil pendinginan tersebut dikarenakan adanya terdapat radiator yang mendinginkan fluida dan dibantu oleh kipas agar pendinginan lebih maksimal sehingga suhu gas buang dapat turun secara optimal, serta cairan yang digunakan yang banyak dan terus bersirkulasi untuk mendinginkan gas buang dan membuang panas melalui radiator dengan bantuan kipas angin [12].

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan Analisa yang telah dilakukan dengan rumusan masalah yang diangkat maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi knalpot penambahan heat exchanger menggunakan variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit serta variasi aliran fluida sebesar 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm dapat menurunkan CO, CO₂, HC, dan dapat meningkatkan kandungan O₂.
2. Pada penelitian ini didapatkan hasil penurunan suhu gas buang terbaik pada variasi waktu 15 menit dan laju aliran fluida 6 lpm yang dapat menurunkan kandungan gas CO, CO₂, HC, dan dapat meningkatkan O₂.

Referensi

- [1] Kreith. (2012). Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga (terjemahan P. Arko). Erlangga, Jakarta. In *Erlangga, Jakarta* (pp. 1–71).
- [2] Nugroho, e. . (2023). ANALISIS PENAMBAHAN HEAT EXCHANGER PADA KNALPOT DENGAN VARIASI DIAMETER LUBANG DAN ALIRAN FLUIDA UNTUK MENGURANGI EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN. *Skripsi*, 4(1), 88–100.

- [3] Razali, A., Maksum, H., & Daswarman. (2014). Perbandingan Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) yang Menggunakan Catalyst Kuningan dengan Catalyst Tembaga pada Motor Empat Langkah. *Automotive Engineering Education Journals*, 3(4), 1–9. <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/download/3162/228>
- [4] Titahelu, N. (2019). Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Searah. *Jurnal Teknologi*, 5(2), 819–824.
- [5] Munahar, S., Triwiyatno, A., Setiawan, J. D., Mesin, M. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Elektro, J. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Mesin, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2015). STRATEGI PENINGKATAN MODEL AIR TO FUEL RATIO (AFR).
- [6] nugroho, e. . (2023). ANALISIS PENAMBAHAN HEAT EXCHANGER PADA KNALPOT DENGAN VARIASI DIAMETER LUBANG DAN ALIRAN FLUIDA UNTUK MENGURANGI EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN. *Skripsi*, 4(1), 88–100.
- [7] Pertamina. (2020). Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG. Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG, 23..
- [8] Razali, A., Maksum, H., & Daswarman. (2014). Perbandingan Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) yang Menggunakan Catalyst Kuningan dengan Catalyst Tembaga pada Motor Empat Langkah. *Automotive Engineering Education Journals*, 3(4), 1–9. <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/download/3162/228>
- [9] Sudarwanto, H. W., Utami, I. W., Asmoro, R., & Wulandari, A. A. (2020). Bahaya Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Bendin dan Menumbuhkan Lingkungan Hijau di Perkotaan. *Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains Dan Teknologi (HUBISINTEK)*, 101–105. <https://ojs.uadb.ac.id/index.php/HUBISINTEK/article/view/985>
- [10] Suprayitno, A., Sulaeman, & Gerri Jailani, A. (2019). Analisa Pengaruh Kerenggangan Celah Busi Terhadap Emisi Gas buang (CO dan HC) Pada Sepeda Motor Hondha Beat 110 cc. *Jurnal Teknologika*, 9(2), 1–7.
- [11] Titahelu, N. (2019). Analisis Pengaruh Kecepatan Fluida Panas Aliran Searah. *Jurnal Teknologi*, 5(2), 819–824.
- [12] Tyagita, D. A., & Ari, R. N. (2022). Pengaruh Penurunan Suhu Gas Buang dengan Inovasi Penambahan Heat Exchanger pada Knalpot Sepeda Motor 4
- [13] Langkah. *J-Proteksion*, 6(2), 30–34. <https://doi.org/10.32528/jp.v6i2.7089>
- [14] Wiratmaja, I. (2010). Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(1), 10.
- [15] Yudhantoko, M. (2008). Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Komisi Penghapusan Bensin Bertimbel*, 1, 1–11. www.kbpp.org/makalah-Ind/emisi