

SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN KONVENSIONAL BERBASIS *PELTIER* DENGAN *SINGLE ROOM HEAT EXCHANGER*

Setya Wijayanta

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec.
Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa
Tengah (52125)
setya_w@pktj.ac.id

Ery Muthoriq

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec.
Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa
Tengah (52125)
Eri.muthoriq@pktj.ac.id

Erza Zidan A'laudin Zulfa

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok,
Kec. Tegal Tim., Kota Tegal,
Jawa Tengah (52125)
zidanerza87@gmail.com

Ananta Salman Hadito

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec.
Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa
Tengah (52125)
anantasalman.h@gmail.com

Muhammad Bagus Fu'ad Fauzi

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec.
Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa
Tengah (52125)
bagasfuad68@gmail.com

Yogie Wijaya

Politeknik Keselamatan
Transportasi Jalan, Jl. Perintis
Kemerdekaan No.17, Slerok,
Kec. Tegal Tim., Kota Tegal,
Jawa Tengah (52125)
yogiewijaya89@gmail.com

Abstract

The high level of exhaust gas emissions produced by vehicles is a problem that must be overcome, because if left unchecked, it will interfere with environmental sustainability and health problems. The purpose of this research is to reduce exhaust emissions produced by vehicles by integrating fuel flowing into the single room heat exchanger that has been connected to the peltier module. The cold side of the peltier will be applied as a cooling medium. The research method carried out is experimental research by taking data on vehicle RPM variations. The results of this study showed that the fuel temperature increased by 11.5% from the fuel temperature under normal conditions, which had an effect on reducing exhaust emissions.

Keywords: *peltier, Exhaust emissions*

Abstrak

Tingginya kadar emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan menjadi problematika yang harus diatasi, karena jika dibiarkan akan mengganggu kelestarian lingkungan dan gangguan kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan dengan mengintegrasikan bahan bakar yang mengalir masuk kedalam *single room heat exchanger* yang telah disambungkan modul *peltier*. Sisi dingin pada *peltier* akan diaplikasikan sebagai media pendingin. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dengan mengambil data pada variasi RPM kendaraan. Hasil dari penelitian ini suhu bahan bakar mengalami peningkatan sebesar 11,5% dari suhu bahan bakar pada keadaan normal sehingga berpengaruh pada pengurangan emisi gas buang.

Kata Kunci: *peltier, emisi gas buang.*

PENDAHULUAN

Saat ini emisi gas buang menjadi salah satu penyebab tingginya polusi udara. Penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil yang terus meningkat menunjukkan semakin tingginya emisi gas yang dihasilkan. Pembakaran BBM pada kendaraan akan mengeluarkan sumber pencemaran utama ke udara seperti CO_x, NO_x, SO_x, dan HC (Yusrianti, 2015). Secara keseluruhan transportasi menyumbang pencemaran udara timbal 100%, *suspended particulate matter* (SPM10), hydrocarbon 89%, nitrogen oksida 64%, dan hampir 100% karbon monoksida (*The World Bank*, di dalam G.Gunawan, 2015). Pada tingkat konsentrasi tertentu pencemaran udara dapat mengganggu kesehatan pernapasan manusia seperti infeksi saluran pernapasan bawah, penyakit paru obstruktif kronik (COPD), tuberculosis dan kanker paru paru (WHO, di dalam Rosyidah, 2016).

Penggunaan modul Thermo Electric Cooling (TEC) atau sering disebut modul *peltier* sebagai sistem pendingin dianggap sebagai metode pendinginan yang ramah lingkungan dan andal (Tang, 2023). Penggunaan modul TEC pada bidang otomotif terutama berkaitan dengan peningkatan keselamatan dan kenyamanan dalam berkendara telah banyak dikembangkan oleh para peneliti. (Lyu, 2021) mendesain paket pendingin baterai mencakup pendingin termoelektrik (TEC) yang dikombinasikan dengan sirkulasi cairan.

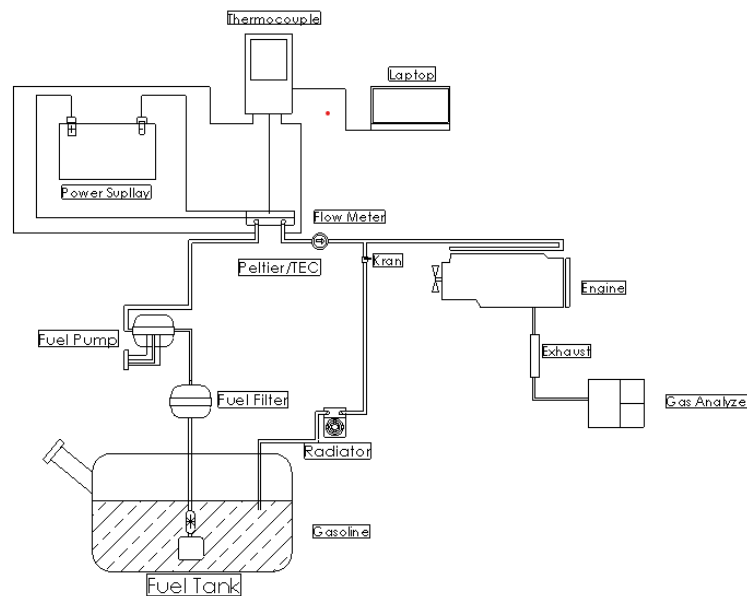
Heat room exchanger merupakan salah satu komponen yang berperan dalam proses pengubahan suhu fluida (Prasetyo, di dalam Rizqi et al, 2022). Penyerapan suhu panas yang dihasilkan pada modul TEC menggunakan komponen *single room heat exchanger*. Perpindahan panas yang terjadi di *heat exchanger* bergantung terhadap suhu fluida yang akan di rubah temperature suhunya (Rizqi et al, 2022). *Single room heat exchanger* melakukan pengubahan suhu pada fluida hanya dengan melewati sekali dalam komponen tersebut.

Aplikasi pendingin TEC pada mobil, internal combustion engine sebagai penggerak utama memiliki sistem bahan bakar yang melibatkan aliran bahan bakar, di mana berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai penyerap panas. Namun, pemanfaatan sistem bahan bakar internal combustion engine sebagai penyerap panas pada sistem pendingin berbasis *peltier* sampai saat ini belum pernah dilakukan oleh para peneliti. Efek dari proses penyerapan panas pada sisi panas *peltier* tersebut adalah terjadinya peningkatan temperatur bahan bakar.

Dari beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanasan bahan bakar pada internal combustion engine berpengaruh terhadap penurunan emisi gas buang. Dengan demikian, selain dapat diaplikasikan pada sistem pendingin untuk peningkatan keselamatan dan kenyamanan berkendara, hasil penelitian ini diharapkan juga dapat meningkatkan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, selain dilakukan kajian terhadap kinerja pendinginan *peltier*, pengaruh perubahan temperatur bahan bakar akibat penyerapan panas pada sisi panas *peltier* terhadap emisi gas buang juga akan dikaji pada penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Skema eksperimen yang dilakukan dilihat pada gambar 1 dibawah.



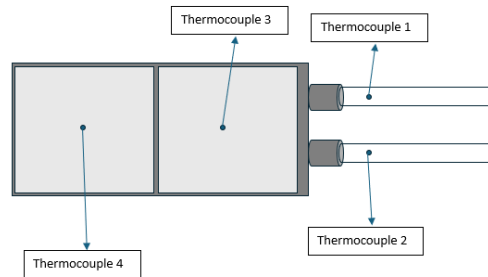
Gambar 1. Skema Eksperimen

Pada penelitian ini menggunakan engine stand Toyota 5K dengan 4 silinder mesin *in line* memiliki kapasitas mesin 1486 cc. Gambar 1 menjelaskan bahwa sebuah modul termoelektrik (TEC) atau *peltier* dihubungkan ke sumber tegangan (*power supply*) DC 12 volt, sehingga menimbulkan perbedaan temperatur ΔT di kedua sisi elemen *peltier*. Di satu sisi terjadi proses penyerapan panas (*cooling side*) dan sisi yang lain terjadi pelepasan panas (*heat side*). Besarnya perbedaan temperatur ΔT ($T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}$) dari modul *peltier* mendekati konstan. Jika T_{panas} semakin rendah, maka T_{dingin} semakin dingin. Untuk menurunkan T_{panas} , sisi panas elemen *peltier* ditempelkan pada *single room heat exchanger* yang disambungkan dengan saluran bahan bakar, di antara *fuel filter* dan *fuel injectors*. Bahan bakar dari *fuel pump* dialirkan masuk ke *single room heat exchanger* untuk menyerap dan memindahkan panas, selanjutnya diteruskan ke *flow meter* dan *fuel injectors* dan diinjeksikan ke dalam ruang bakar mesin. Hasil pembakaran di dalam ruang bakar mesin tersebut selanjutnya dibuang melalui *mufler*. Emisi gas buang (CO dan HC) yang keluar dari *mufler* diukur menggunakan *gas analyzer*.

Pemasangan Data logger

Pemasangan *data logger* (*thermocouple*) pada suhu *In* dan *Out* pada modul *peltier*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui temperature sebelum dan sesudah masuk kedalam *single room heat exchanger*. Selain itu *Thermocouple* juga dipasang pada sisi dingin *peltier* untuk mengetahui temperature dingin yang dihasilkan *peltier* pada variasi RPM. Perlu diperhatikan dalam pemasangan *thermocouple* pada *peltier* harus kedap dari tempearatur disekitar *peltier*

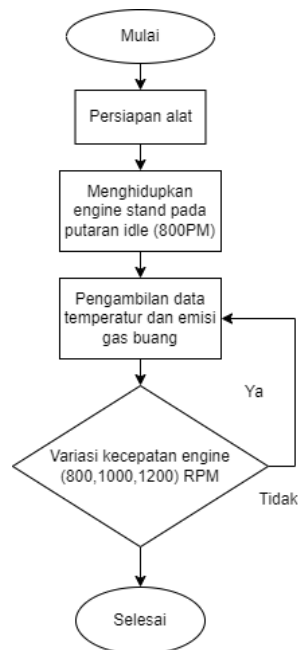
karen memiliki sifat yang sangat sensisif. Untuk menangani hal tersebut pemasangan *thermocouple* dapat dilapisi dengan *aluminium foil* atau isolatip.



Gambar 2. Pemasangan *Thermocouple*

Prosedur pengambilan data

Pengambilan data yang dilakukan dapat dilihat dalam flowchart dibawah.



Gambar 3. *Flowchart* pengambilan data

Pada *flowchart* dijelaskan bahwa pengambilan data temperature dan emisi gas buang dilakukan dengan menggunakan variasi RPM pada kendaraan, dengan variasi 800 RPM/putaran idle, 1000 RPM, 1200 RPM. Dengan menggunakan variasi RPM penulis dapat mengetahui bagaimana kondisi *peltier* pada saat RPM yang berbeda secara bertahap.

Pengambilan data menggunakan *gas analyzer* dan *data logger thermocouple*

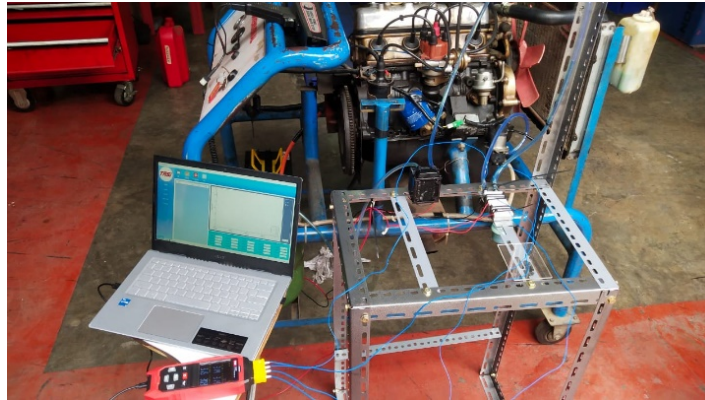
RPM pada kendaraan diukur menggunakan tachometer, dan data perubahan temperature pada *peltier* diperoleh dari sensor *thermocouple*, diakuisisi dari sinyal analog ke digital menggunakan DAQ/data logger untuk selanjutnya di simpan ke dalam laptop. Selanjutnya, data perubahan temperatur pada tiap variasi RPM engine serta debit aliran bahan bakar diolah ke dalam bentuk grafik *time series* dan dihitung nilai reratanya. Dari grafik *time series* dan rerata diperoleh gambaran mengenai pengaruh kecepatan putaran (RPM) *engine* serta debit aliran bahan bakar terhadap perubahan temperatur pada modul *peltier*.

Pengambilan data yang dilakukan dengan membandingkan hasil antara bahan bakar yang sesudah dan sebelum menggunakan *peltier*. Sementara itu, data emisi gas buang untuk mesin bensin yang diukur dengan COHC tester selanjutnya dicatat ke dalam tabel excel. Data perbedaan temperatur bahan bakar di antara dua kondisi (sebelum dan setelah memasuki *single room heat exchanger peltier*) serta data emisi gas buang diolah ke dalam bentuk grafik *time series* dan dihitung nilai reratanya. Dari grafik *time series* dan rerata tersebut dapat diperoleh gambaran mengenai pengaruh perubahan temperatur bahan bakar akibat penyerapan panas pada sisi panas *peltier* terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan dijelaskan dalam bentuk diagram alir penelitian sebagaimana dapat dilihat pada gambar. Prosedur penelitian dijelaskan dalam diagram alir dan skema peralatan kalibrasi *flowmeter* bahan bakar. Proses dimulai dengan menghidupkan pompa dan membuka katup kontrol untuk mengatur debit bahan bakar tertentu yang terbaca pada *flowmeter*. Bahan bakar yang keluar diukur volumenya menggunakan gelas ukur, dengan penambahan volume diukur selama waktu tertentu menggunakan stopwatch untuk menentukan debit bahan bakar. Langkah ini diulang dengan 6 variasi debit bahan bakar berbeda, dan hasilnya dicatat. Data pengukuran tersebut digunakan untuk membuat grafik kalibrasi antara debit bahan bakar hasil pengukuran dengan gelas ukur dan debit bahan bakar yang terbaca pada *flowmeter*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilandasi dengan tingginya emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan dan menyebabkan *global warming* atau pemanasan global pada lapisan ozon. Eksperimen ini diharapkan dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan dan dapat mewujudkan lingkungan yang bersih dari polusi udara akibat kendaraan. Beberapa komponen dirakit sedemikian rupa dan menjadi alat yang dapat meningkatkan suhu pada bahan bakar kendaraan seperti pada gambar berikut.



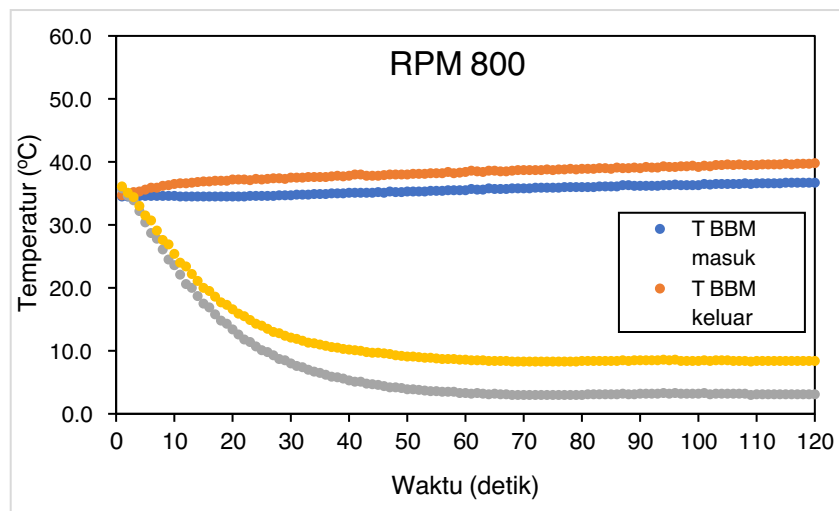
Gambar 4. Perancangan alat

Berikut data hasil dari penelitian yang telah dilakukan pada *engine* bensin konvensional.

Tabel 1. Hasil Eksperimen dengan variasi RPM

No	RPM	Temperatur			Emisi Tanpa <i>Peltier</i>		Dengan <i>Peltier</i>	
		IN	OUT	Cold	HC	CO	HC	CO
1.	800 RPM	35,5°C	39,7°C	3,1°C	739 ppm	8,225 %	669 ppm	7,79 %
2.	1000 RPM	32,4°C	36°C	1,6°C	521,5 ppm	7,79 %	507,5 ppm	7,25 %
3.	1200 RPM	34,6°C	38,7°C	-1°C	166 ppm	2,69 %	165,5 ppm	2,365 %

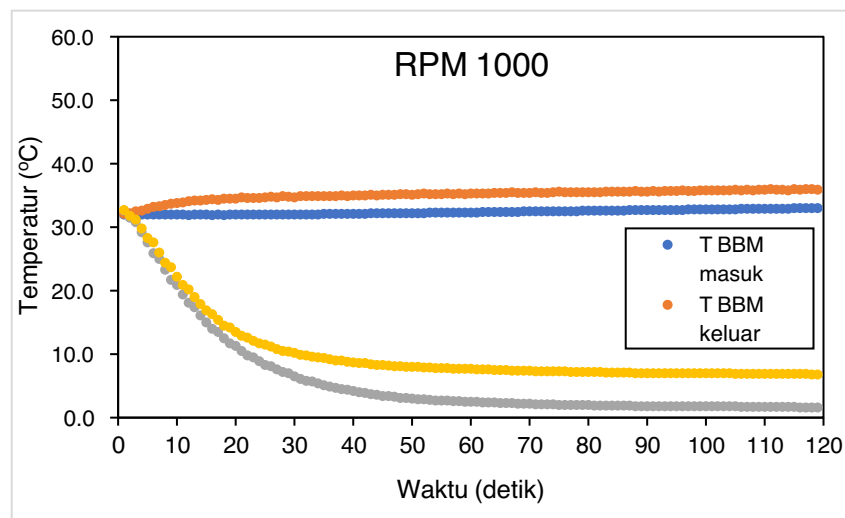
Data pengujian *Data logger Thermocouple*



Grafik 1. Time Series RPM 800

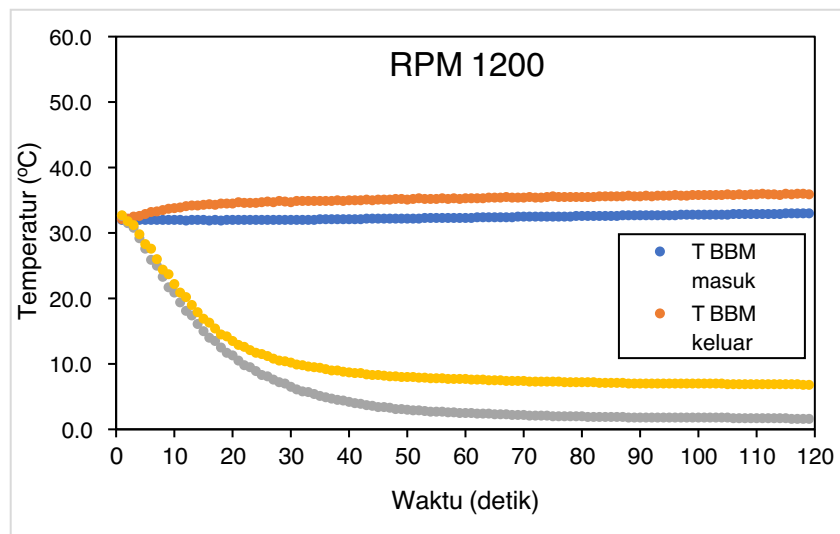
Pada Grafik 1. Dilakukan pengujian pemanasan bahan bakar dengan variasi RPM 800. Pengujian dilakukan selama waktu 2 menit. Pada awal modul TEC dinyalakan tertera suhu bahan bakar pada aliran IN dan OUT sebesar 34,6°C. Suhu kondisi awal modul *peltier* yaitu

sebesar 36°C. Selama 2 menit suhu pada aliran IN dan OUT mengalami perubahan suhu yang terus meningkat hingga akhir mendapatkan suhu sebesar 35,5°C pada aliran IN dan 39,7°C pada aliran OUT. Dan modul *peltier* juga mengalami perubahan suhu yang menurun sebesar 3,1°C. Pengujian pada RPM 800 menghasilkan suhu panas pada bahan bakar sebesar 39,7°C dan suhu akhir pada modul *peltier* sebesar 3,1°C, hal ini menunjukkan bahwa pada saat putaran 800 RPM *peltier* dapat menghasilkan suhu panas yang dapat berpengaruh pada pembakaran bahan bakar dan menyebabkan emisi gas dapat menurun. Dan suhu dingin sebesar 3,1°C dapat di aplikasikan sebagai pendingin.



Grafik 2. Time Series RPM 1000

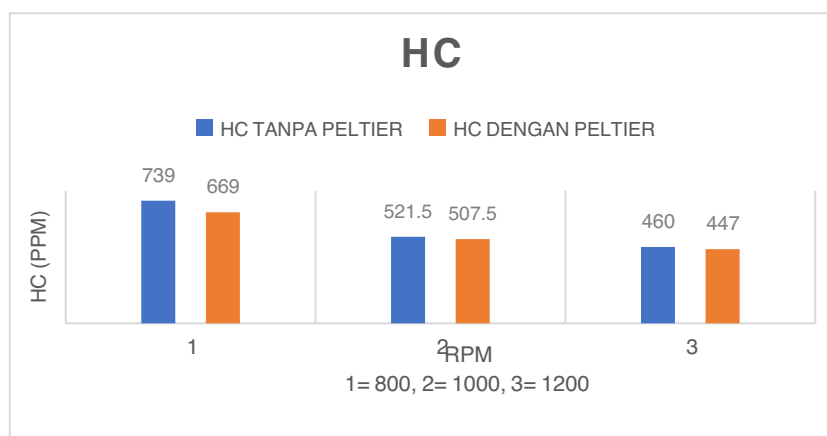
Pada Grafik 2. Pengujian pemanasan bahan bakar dengan variasi RPM 1000. Dilakukan selama waktu 2 menit. Pada awal modul TEC dinyalakan tertera suhu bahan bakar pada aliran IN dan OUT sebesar 32°C. Suhu kondisi awal modul *peltier* yaitu sebesar 32,6°C. Suhu pada aliran IN dan OUT mengalami perubahan suhu yang terus meningkat hingga akhir mendapatkan suhu sebesar 32,6°C pada aliran IN dan 36°C pada aliran OUT. Dan modul *peltier* juga mengalami perubahan suhu yang menurun sebesar 1,6°C. Pengujian pada RPM 1000 menghasilkan suhu panas pada bahan bakar sebesar 36°C dan suhu akhir pada modul *peltier* sebesar 1,6°C, hal ini menunjukkan bahwa pada saat putaran 1000 RPM *peltier* dapat menghasilkan suhu panas yang dapat berpengaruh pada pembakaran bahan bakar dan menyebabkan emisi gas dapat menurun. Dan suhu dingin sebesar 1,6°C dapat di aplikasikan sebagai pendingin.



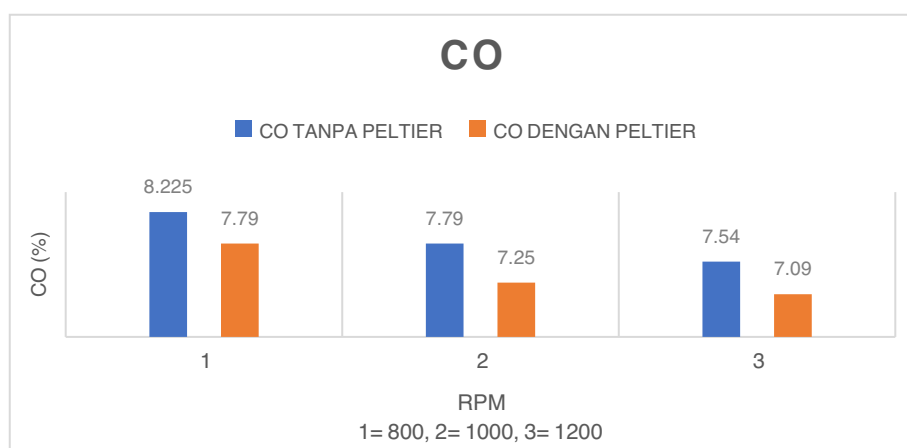
Grafik 3. Time Series RPM 1200

Pada Grafik 3. Pengujian pemanasan bahan bakar dengan variasi RPM 1200. Dilakukan selama waktu 2 menit. Pada awal modul TEC dinyalakan tertera suhu bahan bakar pada aliran IN dan OUT sebesar 31,45°C. Suhu kondisi awal modul *peltier* yaitu sebesar 31°C. Suhu pada aliran IN dan OUT mengalami perubahan suhu yang terus meningkat hingga akhir mendapatkan suhu sebesar 34,8°C pada aliran IN dan 38,7°C pada aliran OUT. Dan modul *peltier* juga mengalami perubahan suhu yang menurun sebesar -1°C. Pengujian pada RPM 1200 menghasilkan suhu panas pada bahan bakar sebesar 38,7°C dan suhu akhir pada modul *peltier* sebesar -1°C, hal ini menunjukkan bahwa pada saat putaran 1200 RPM *peltier* dapat menghasilkan suhu panas yang dapat berpengaruh pada pembakaran bahan bakar dan menyebabkan emisi gas dapat menurun. Dan suhu dingin sebesar -1°C dapat di aplikasikan sebagai pendingin.

Data pengujian gas analyzer



Grafik 4. Data HC pada variasi RPM



Grafik 5. Data CO pada variasi RPM

Berdasarkan hasil dari percobaan pemasangan *peltier* (TEC) sebagai pemanas bahan bakar yang dilakukan pada mesin bensin konvensional dengan menggunakan 3 variasi putaran mesin (Revolusi per menit) yaitu 800, 1000 dan 1200 RPM. Dihasilkan data sebagai berikut, pada RPM 800 diperoleh hasil HC sebesar 739 ppm dan CO sebesar 8,225% kemudian setelah diterapkan penggunaan pemanas bahan bakar berbasis *peltier* diperoleh HC sebesar 669 ppm dan CO 7,79%. Pada RPM 1000 diperoleh hasil HC 521,5 ppm dan CO 7,79% kemudian setelah diterapkan penggunaan bahan bakar berbasis *peltier* diperoleh HC 507,5 ppm dan CO 7,25%. Pada RPM 1200 diperoleh hasil HC 460 ppm dan CO 7,54 % kemudian setelah diterapkan penggunaan bahan bakar berbasis *peltier* diperoleh HC 447 ppm dan CO 7,09%. Dapat disimpulkan dari ketiga percobaan pada 3 RPM yang berbeda pada mesin bensin konvensional ketika pemanas bahan bakar berbasis *peltier* dipasang atau diaktifkan dapat menghasilkan penurunan pada hasil HC dan CO pada emisi gas buang mesin bensin konvensional.

KESIMPULAN

Polusi udara akibat tingginya emisi gas buang menjadi masalah yang harus diatasi untuk menjaga kelestarian lingkungan dan menjaga kesehatan masyarakat. Alat berbasis *peltier* yang penulis buat bertujuan untuk membantu mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan berbahan bakar bensin. Alat ini bekerja dengan modul *peltier* yang dihubungkan dengan listrik battery DC 12 volt. *Peltier* akan menghasilkan sisi dingin dan sisi panas. Dan sisi panas akan ditempelkan pada *single room heat exchanger* yang akan dialiri bahan bakar. Hasil dari pembakaran akan di uji menggunakan *gas analyzer* untuk mengetahui CO dan HC.

Hasil dari pengujian bahwa bensin yang mengalir pada *peltier* mengalami perubahan suhu menjadi lebih panas. Pada suhu panas mengalami peningkatan sebesar 11,5% lebih panas dari suhu normal pada bahan bakar. Pada pengujian hasil pembakaran menggunakan gas analyzer menunjukkan bahwa CO dan HC dari kendaraan mengalami penurunan dibanding tidak menggunakan *peltier*. Penurunan gas HC pada masing masing RPM memiliki perbedaan antara lain RPM 800 sebesar 10,46% ; RPM 1000 sebesar 2,75% ; dan RPM 1200

sebesar 0,3%. Sementara penurunan gas CO juga memiliki perbedaan pada masing masing RPM antara lain RPM 800 sebesar 5,58% ; RPM 1000 sebesar 7,44 % ; dan RPM 1200 sebesar 13,7%. Suhu yang dihasilkan dari sisi dingin *peltier* mencapai suhu -1°C, menunjukkan bahwa *peltier* tersebut dapat diaplikasikan sebagai media pendingin.

Dengan dikembangkannya alat ini, penulis berharap agar penelitian ini dapat direalisasikan pada kendaraan saat ini. Dan harapannya adalah polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan dapat berkurang secara signifikan. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan penelitian ini agar dapat menghasilkan pengurangan emisi gas yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Tang et al. 2023. The extreme high cooling capacity thermoelectric cooler optimal design for kilowatts scale thermoelectric air-conditioner of high-speed railway carriage. *Energy and Built Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.11.011>
- Lyu, et al. 2021. Experimental investigation of thermoelectric cooling for a new battery pack design in a copper holder. *Results in Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100214>
- Msy Rosyidah (2016) ‘Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan’, *Jurnal Integrasi*, Vol.1, No.2, Hal 1–5.
- Yusrianti (2015) ‘ Studi Literatur Tentang Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Kota Surabaya’, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Hal. 11-20.
- G.Gunawan (2015) ‘Tingkat Pencemaran Udara Debu dan Timbal di Lingkungan Gerbang Tol’, *Pusat Litbang dan Jembatan*, Hal. 115-124.
- Rizqi.I.Y et al (Maret 2022). Analisa Perpindahan Panas Heat Exchanger Mesin Induk (Studi Kasus : KM. Sumber Mutiara). *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, Volume 8, Nomer 1.