

Studi Eksperimental Pemanfaatan Temperatur Gas Buang dari Kendaraan Bermotor Roda Dua untuk Pemanas Kotak Makanan (*Delivery Box*) pada Layanan Pesan Antar

Ismail Thamrin^{1)*}, Surya Hadi²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Prabumulih km 32, Inderalaya-OI (30662)
ismailthamrin13@yahoo.com

Abstrak

Panas dari gas buang sisa pembakaran kendaraan bermotor roda dua, masih memiliki temperatur yang cukup tinggi. Sumber panas ini biasanya langsung dibuang / dikeluarkan melalui knalpot ke udara bebas. Dalam penelitian ini, gas buang bertemperatur tinggi ini dimanfaatkan kembali, dengan cara dimasukkan kedalam tempat khusus pada kotak makanan untuk layanan pesan antar (*delivery service box*). Kotak ini didesain khusus untuk menjaga agar temperatur dalam kotak tidak cepat turun, agar makanan yang akan dikirim tetap dalam kondisi hangat. Instalasi yang dibuat untuk memanfaatkan panas dari gas buang ini sangat sederhana, yaitu dengan memasang pipa bercabang pada knalpot, yang berguna untuk mengalirkan gas buang ke bagian bawah kotak. Kotak bagian bawah ini telah dipasang *baffle* agar panasnya dapat bertahan lebih lama. Setelah dimanfaatkan, gas buang itu dialirkan kembali ke knalpot, untuk dibuang ke udara. Kotak penyimpanan makanan membutuhkan panas ruangan yang cukup agar tidak terjadi penurunan temperatur pada makanan tersebut. Dari studi eksperimental yang telah dilakukan pada kotak penyimpanan makanan, kotak pemanas makanan ini diuji dengan putaran mesin dan jauhnya jarak tempuh motor. Pengujian ini menghasilkan peningkatan atau kenaikan temperatur gas buang pada variasi putaran mesin yang berbeda. Putaran mesin yang dipakai adalah 800 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, dan 3500 rpm, dan jarak tempuh yang diuji adalah 200, 400, 600, 800 dan 1000 meter. Semakin tinggi putaran mesin, semakin tinggi juga panas yang dapat dimanfaatkan sehingga dapat memanaskan temperatur ruangan sesuai yang diinginkan.

Kata kunci: Gas buang, kotak makanan, putaran mesin, jarak tempuh

Abstract

Heat from combustion exhaust gas motorcycle still has a high enough temperature. The heat source is usually directly discharged / expelled through the exhaust into the air. In this study, the high-temperature exhaust gas is re-used, by sending it into a special place in the food box for another service (*delivery service box*). This box is especially designed to keep the temperature high enough inside the box so that the food to be delivered remains in warm condition. Installation is made to utilize the heat from the flue gas is very simple namely by installing a branching pipe on the exhaust, which is useful for the exhaust gas to flow to the bottom of the box. The bottom box has been fitted with baffles, so that the heat can last longer. Once used, the flue gas is passed back to the exhaust, to be discharged into the air. Hot food storage boxes require enough space to prevent a decrease in the temperature of the food. From this experimental study done on the box food storage, food heating box is tested to different engine speed and mileage. This test resulted in an increase in exhaust gas temperature at different engine speed variations. The engine speeds used were 800 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, and 3500 rpm, and the mileage tested were 200, 400, 600, 800, and 1000 meters. The results demonstrated that the higher the engine rpm used, the higher the heat that could be utilized to heat the room temperature as desired.

Keywords: Exhaust gas, food boxes, engine rpm, mileage

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan panas sisa gas buang akhir-akhir ini menjadi tren pada kalangan industri. Pengolahan panas sisa dari turbin, generator, dan sebagainya diproses untuk dimanfaatkan kembali menjadi energi yang lebih berguna. Salah satu upaya nyata adalah pemanfaatan panas sisa gas

*Penulis korespondensi, Telp : +62711580272
Email: ismailthamrin13@yahoo.com

pembakaran yang umumnya terbuang percuma melalui saluran buang. Motor bakar sebagai salah satu penggerak mula membuang panas sisa pembakarannya melalui katup buang dan selanjutnya dialirkan melalui saluran buang yang berupa knalpot. Panas yang terbuang ini memiliki persentase yang cukup besar dibandingkan dengan rugi-rugi panas melalui media pendingin, pelumasan, dan rugi-rugi lainnya di dalam penggerak mula tersebut. Menurut Saidur [1] bahwa pemanfaatan panas buang, dapat mengurangi dampak dari pemanasan global dan mengurangi emisi gas buangnya.

Penelitian ini dilakukan berawal dari seringnya melihat pemesan makanan lewat pelayanan pesan antar pada sebuah restoran cepat saji. Saat sampai ketempat tujuan, makanan yang dipesan sudah dalam keadaan dingin. Makanan yang sudah dingin tersebut menjadi kurang enak lagi saat disantap. Agar makanan tidak terjadi penurunan suhu dan kualitas rasanya, maka kotak tempat makanan tersebut harus memiliki temperatur sekitar 50°-60° C. Pada suhu tersebut, menurut Abdurrachim Halim [2], kualitas makanan terjaga dan tidak rusak. Abdurrachim Halim meneliti sebuah kotak pemanas makanan tersebut dengan memanfaatkan panas sisa gas buang sebagai pemanas awalnya. Panas sisa gas buang pada knalpot dimanfaatkan untuk memanaskan fluida lain yang digunakan sebagai pemanas pada kotak makanan tersebut. Berbeda dengan sistem yang dilakukan dalam penelitian ini. Panas gas buang sisa dimanfaatkan langsung sebagai pemanas kotak tanpa adanya fluida tambahan. Gas buang akan dialirkan ke dalam sebuah kotak yang terpisah dari kotak menyimpan makanan. Temperatur yang masih tinggi dari gas buang, akan memanaskan kotak bagian bawah, dan mengalirkan panasnya keruang tempat makanan. Jadi gas buang tidak bersinggungan langsung dengan makanan yang akan dikirim kepada pelanggan.

Panas dari gas buang motor, didapat dari pengujian dengan putaran mesin motor dalam kondisi stasioner, dan juga diuji dengan menjalankan motor dengan jarak tertentu. Untuk mengetahui, sebesar apa panas yang dapat dihasilkan.

Alat pemanas (*Heater*)

Alat Pemanas (*Heater*) adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk menaikkan temperatur dari fluida lain pada suatu tempat atau ruangan. *Heater* atau pemanas, dewasa ini sudah sangat umum dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Untuk rumah tangga kita mengenal dispenser yaitu alat pemanas air. Kita mengenal magic com alat untuk menanak nasi ataupun menghangatkan makanan. Kita mengenal kompor listrik alat untuk memasak. Seterika listrik juga merupakan pemanas yang sangat kita kenal. Ada banyak macam jenis *heater* yang sudah diproduksi sekarang ini :

- *Water heater* adalah *heater* yang difungsikan untuk memanaskan air. Contoh *heater* untuk air ini adalah *immersion heater*.
- *Air heater* adalah *heater* yang difungsikan untuk memanaskan udara. Contoh *heater* untuk udara adalah *tubular fin heater* yang aplikasinya adalah untuk pemanas ruangan.
- *Oil heater* adalah *heater* yang difungsikan untuk memanaskan media oli untuk keperluan sesuatu hal. Contoh penggunaan *heater* oli ini adalah untuk mesin *hot press* atau mesin pembuat kayu berlapis yang populer dengan sebutan triplek

Perpindahan kalor

Perpindahan Kalor (*Heat Transfer*) adalah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Pada termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang pindah itu dinamakan kalor atau panas (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan panas dari yang bersuhu tinggi ke yang bersuhu lebih rendah yang bersinggungan secara langsung. Menurut Holman [3], besarnya laju perpindahan kalor (q):

$$q_k = \frac{k \cdot A}{\Delta x} (T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}) \quad (1)$$

dimana :

- q_k = Laju perpindahan panas, (W)
- k = Konduktivitas termal, (W/m.°C)
- A = Luas permukaan, (m²)
- x = Tebal dinding, (m)
- T_{panas} = Temperatur panas, (°C)
- T_{dingin} = Temperatur dingin, (°C)

Perpindahan kalor konveksi adalah perpindahan panas dari suatu bagian ke bagian lain dari suatu fluida atau antar fluida ke fluida lain dengan adanya gerakan/aliran fluida-fluida tersebut, dimana menurut Cengel [4] perpindahan kalornya dengan arah tegak lurus terhadap arah aliran fluida. Laju perpindahan kalor konveksi antar suatu permukaan dengan fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$q_c = h \cdot A (T_w - T_-) \quad (2)$$

dimana,

- q_c = Laju aliran kalor konveksi, W
- A = Luas permukaan perpindahan kalor, m^2
- h = koefisien perpindahan kalor konveksi, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
- T_w = Suhu dinding/permukaan plat, $^\circ C$
- T_- = Suhu fluida, $^\circ C$

Fenomena aliran konveksi bebas di dalam ruangan tertutup merupakan contoh yang menarik tentang sistem konveksi bebas. Perpindahan kalor pada ruang tertutup horizontal menyangkut dua situasi yang berbeda. Jika plat atas berada pada suhu yang lebih tinggi dari plat bawah, fluida yang densitasnya lebih tinggi, dan tidak terjadi arus konveksi. Dalam hal ini perpindahan kalor melintasi ruang itu berlangsung melalui konduksi semata-mata, dan $Nu = 1,0$, di mana ialah jarak pisah antara kedua plat. Situasi yang kedua, justru lebih menarik, terjadi apabila plat bawah lebih tinggi suhunya dari plat atas. Untuk nilai Gr_δ kurang dari 1700, masih terlihat konduksi murni, dan $Nu = 1,0$. Nilai perkalian antara angka Grashof dan angka Prandtl dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$GrPr = \frac{\rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot (\delta)^3}{\mu^2} \times Pr \quad (3)$$

dimana,

- Gr = angka Grashof
- Pr = angka Prandtl
- ρ = densitas, (kg/m^3)
- g = percepatan gravitasi, (m/s^2)
- T = selisih temperatur tinggi ke rendah (K)
- δ = jarak pisah antara kedua plat, (m)
- μ = viskositas dinamik, $(kg/m.s)$

Fluks kalor dihitung dengan rumus,

$$\frac{q}{A} = q_w = h(T_1 - T_2) = Nu_\delta \frac{k}{\delta} (T_1 - T_2) \quad (4)$$

Terkadang dinyatakan dengan istilah konduktivitas termal kentara (*apparent thermal conductivity*) k_e , atau *konduktivitas termal efektif*, yang didefinisikan dengan :

$$\frac{q}{A} = k_e \frac{T_1 - T_2}{\delta} \quad (5)$$

Hasil-hasil percobaan untuk konveksi bebas dalam ruangan tertutup tidak selalu cocok satu sama lain, tetapi semuanya itu dapat dinyatakan dalam bentuk umum sebagai berikut:

$$\frac{k_e}{k} = C (Gr_\delta Pr)^n \left(\frac{L}{\delta}\right)^m \quad (6)$$

Perpindahan kalor konveksi paksa terjadi apabila aliran atau gerakan fluida terjadi akibat perlakuan mekanik seperti pompa atau kipas. Perpindahan kalor konveksi paksa ini banyak terdapat pada industri-industri untuk mencapai kondisi operasi/kerja tertentu yang diinginkan.

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh

Jika pada satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi yang lain terdapat fluida B yang lebih dingin, maka menurut Cengel [5] perpindahan kalor yang terjadi pada dinding tersebut dapat dinyatakan dengan :

$$q = h_1 A (T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_2 A (T_2 - T_B) \quad (7)$$

Perpindahan kalor menyeluruh dihitung dengan jalan membagi beda suhu menyeluruh dengan jumlah tahanan termal :

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_2 A}} \quad (8)$$

Perpindahan panas pada dinding berlapis

Dalam praktek sering dijumpai terdapat dinding dengan beberapa lapisan yang berbeda materialnya. Seperti yang sudah diketahui, hal ini dilakukan dengan cara hambatan disetiap dinding adalah L/kA dihubungkan secara seri dan menggunakan analogi listrik, dengan membagi perbedaan suhu pada setiap sisi permukaan dari dinding yang dikenal dengan istilah Resistansi Termal Total. Tingkat perpindahan panas pada kondisi stabil melalui dua lapisan dinding dapat dinyatakan dengan:

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} \text{ (W)} \quad (9)$$

Bila dua buah dinding plat dipisahkan ruang udara yang diam (*stagnant air space*), nilai total resistensi termal-nya sebagai berikut:

$$R_{total} = R_{conv1} + R_{plat1} + R_{air} + R_{plat2} + R_{conv2} \quad (10)$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_2 A} \quad (11)$$

2. METODE

Alat uji

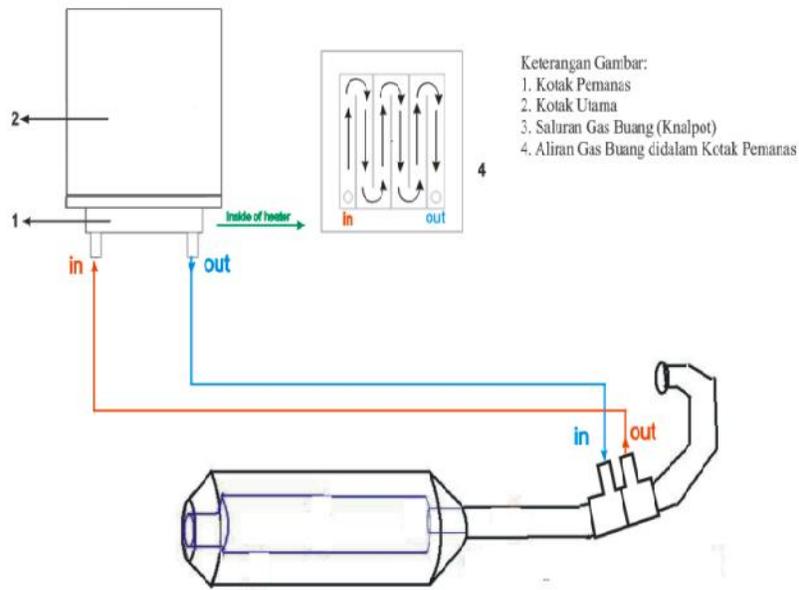
- Alat uji utama : kotak penghangat makanan yang terbagi lagi menjadi dua bagian yaitu kotak utama utama dan kotak pemanas
- Alat uji pendukung : Sepeda motor 110 cc tahun 2006
- Termokopel : termokopel yang digunakan adalah termokopel digital tipe K dengan jarum sebagai sensor.
- Tachometer : alat ini biasanya menampilkan revolutions per minute (rpm) pada sebuah pengukur skala analog, namun yang versi tampilan digital juga.
- Stopwatch : alat ini digunakan untuk mengukur waktu selama percobaan berlangsung.

Pengujian terhadap putaran mesin

- Mempersiapkan kotak penghangat makanan.
- Pasang kotak penghangat makanan tersebut pada sepeda motor, pastikan semua terpasang dengan rapih dan rapat.
- Ukur dan catat suhu pada titik-titik yang sudah ditentukan sebelum mesin dihidupkan.
- Hidupkan mesin sepeda motor selama 5 menit, catat perubahan temperatur tiap menitnya.
- Setelah 10 menit, hidupkan kembali mesin sepeda motor lalu atur rpm yang akan diuji yaitu 1500, 2000, 2500, 3000, dan 3500.
- Pada setiap putaran dilakukan pengukuran selama 10 menit.
- Setiap pengaturan putaran, pastikan temperatur pada titik pengukuran kembali ke suhu normal.

Pengujian terhadap jarak tempuh

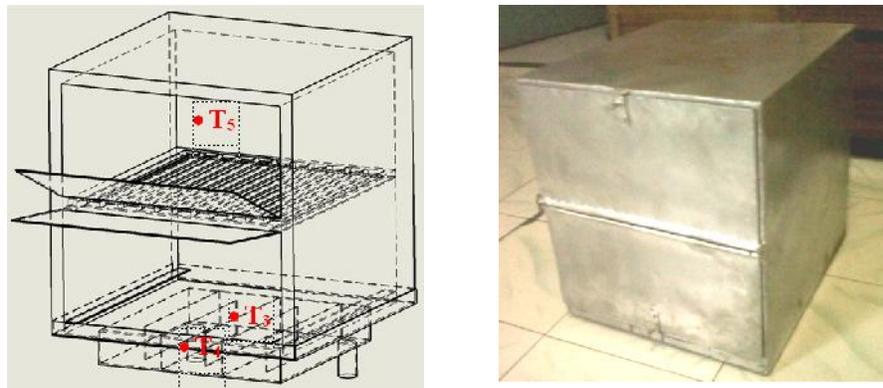
- Mempersiapkan kotak penghangat makanan.
- Pasang kotak penghangat makanan tersebut pada sepeda motor, pastikan semua terpasang dengan rapih dan rapat.
- Jarak yang ditempuh adalah 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, dan 1000 m
- Ukur dan catat suhu pada titik-titik yang sudah ditentukan saat start awal dan akhir setelah menempuh jarak yang telah ditentukan tersebut.



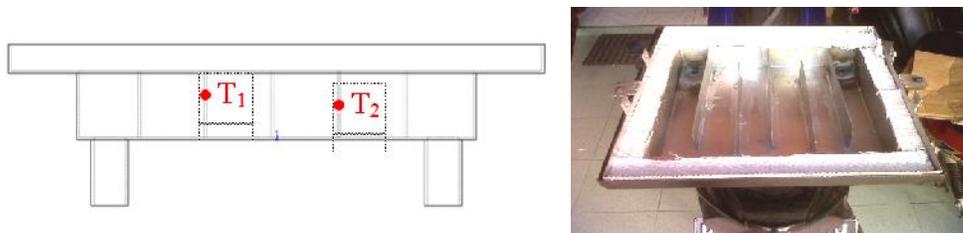
Gambar 1. Instalasi alat uji

Pengumpulan data

Pengujian alat dilakukan dalam 2 tahap yaitu pengaruh perbedaan putaran mesin dan perbedaan jarak tempuh. Alat ukur termokopel dipasang pada lima titik pengukuran yang telah dilakukan. Pada sambungan antara kotak pemanas dan kotak utama, diberi lapisan perapat. Lapisan ini menurut Pikra dkk [6] dapat mengurangi rugi-rugi panas yang keluar. Titik-titik pengukuran temperatur tersebut adalah T_1 pada belokan kedua kotak pemanas, T_2 pada belokan keempat kotak pemanas, T_3 pada bagian bawah lantai kotak utama, T_4 pada bagian atas lantai kotak utama, T_5 pada ruangan kotak utama.



Gambar 2. Gabungan kotak makanan pada bagian atas dan kotak penghangat



Gambar 3. Kotak penghangat bagian bawah yang dialiri gas buang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan data

1. Perhitungan laju perpindahan kalor konveksi bebas di dalam kotak pemanas. Sifat-sifat udara dievaluasi pada suhu rata-rata (data pada kondisi menitke 5)

$$T_f = \frac{T_0 + T_3}{2} = \frac{66 + 39}{2} = 52,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 325,5 \text{ K} \quad (12)$$

Dimana :

T_f = suhu rata – rata ($^\circ\text{C}$)

T_0 = suhu gas buang masuk kotak ($^\circ\text{C}$)

T_3 = suhu plat bagian atas kotak pemanas ($^\circ\text{C}$)

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{325,5} = 3,07 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

$$= 1,0859 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 1,9629 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$k = 0,02817 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,69161$$

Dimana $\delta = 0,05 \text{ m}$ dan $L = 0,3$

Produk GrPr dievaluasi atas dasar jarak pemisah, sehingga kita dapatkan

$$\text{GrPr} = \frac{\rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot (\delta)^3}{\mu^2} \times \text{Pr} \quad (14)$$

2. Perhitungan laju perpindahan kalor konduksi pada plat besi antara kotak pemanas dan kotak utama

Dimana plat besi tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

$$k = 73 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$p = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$x = 1,2 \text{ mm} = 0,0012 \text{ m} = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

3. Perhitungan laju perpindahan kalor konveksi bebas pada ruangan kotak utama makanan. Sifat-sifat udara dievaluasi pada suhu rata-rata:

$$T_f = \frac{T_4 + T_5}{2} = \frac{36 + 29}{2} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 305,5 \text{ K} \quad (15)$$

$$= 1,15946 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 1,86908 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$k = 0,026619 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,7069$$

4. Perhitungan Laju Perpindahan Kalor dengan Tahanan Thermal dari dalam ruangan kotak utama ke lingkungan yang melewati lapisan dinding kotak utama. Dinding kotak utama merupakan dinding berlapis yang dipisahkan oleh lapisan udara diam sebagai berikut:

$$P = \text{panjang dinding plat besi (m)} = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

$$l = \text{lebar dinding plat besi (m)} = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

$$L_1 = L_3 = \text{tebal dinding plat besi (m)} = 1,2 \text{ mm} = 0,0012 \text{ m}$$

$$L_2 = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$K_1 = \text{konduktivitas thermal dari plat besi (W/m} \cdot ^\circ\text{C)} = 73 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$K_{\text{udara}} = \text{konduktivitas thermal dari udara diam (W/m} \cdot ^\circ\text{C)} = 0,024 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{konveksi}} = \text{koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} = 25 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

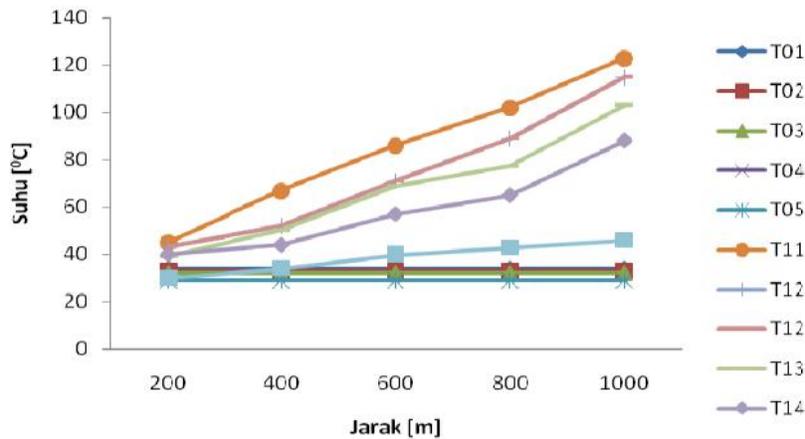
Hasil pengujian

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 serta Gambar 4 sampai Gambar 6.

Tabel 1. Pengujian kotak penghangat makanan berdasarkan jarak tempuh

Jarak (m)	Temperatur (°C)									
	T ₀₁	T ₀₂	T ₀₃	T ₀₄	T ₀₅	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅
200	34	33	32	29	29	45	43	39	40	30
400	34	33	32	29	29	67	52	50	44	34
600	34	33	32	29	29	86	71	69	57	40
800	34	33	32	29	29	102	89	77	65	43
1000	34	33	32	29	29	123	115	103	88	46

Dimana : T₀₁ s/d T₀₅ = suhu awal saat sebelum motor dijalankan (°C)
 T₁₁ s/d T₁₅ = suhu akhir saat motor telah menempuh jarak (°C)

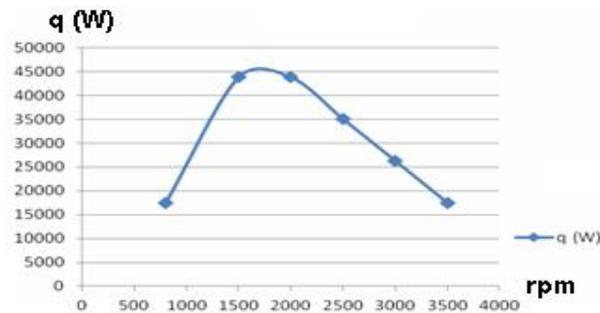


Gambar 4. Grafik perbandingan suhu dengan perbedaan jarak tempuh

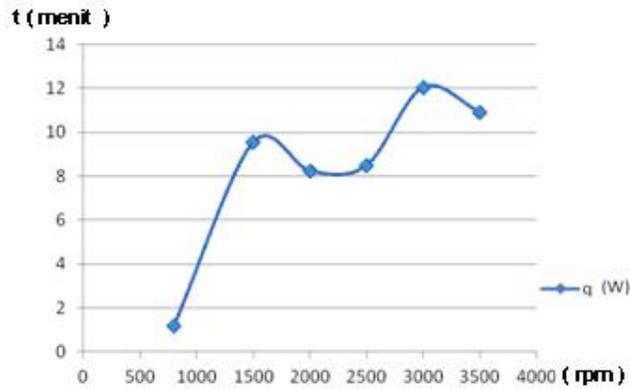
Dari Tabel 1 dan pada Gambar 4 dapat dilihat dalam kondisi normal (tidak ada halangan dalam perjalanan seperti lampu merah dan kemacetan), temperatur pada tiap titik mengalami kenaikan, karena setiap kenaikan putaran mesin dan jauhnya jarak tempuh, terjadi kenaikan temperatur.

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan setiap putaran

	Putaran Mesin (rpm)					
	800	1500	2000	2500	3000	3500
q _{c1} (W)	6,251	3,178	3,164	8,372	9,248	9,409
q _k (W)	17520	43800	43800	35040	26280	17520
q _{c2} (W)	1,167	9,53	8,234	8,478	12,036	10,918
q _{dinding} (W)	0	0,046	0,061	0,107	0,138	0,169



Gambar 5. Grafik perpindahan kalor konduksi pada plat lantai kotak utama



Gambar 6. Grafik konveksi bebas pada ruangan tertutup pada kotak utama

Dari Tabel 2 dan Gambar 5, dapat dilihat nilai kalor konduksi pada tiap titik kotak penghangat dan kotak utama. Terjadi perubahan pada tiap kenaikan putaran mesin. Laju perpindahan kalor konduksi pada plat lantai Kotak Utama, terjadi kenaikan dari putaran 800 rpm (idle) sampai ke putaran 1500 rpm dan 2000 rpm. Laju perpindahan kalor konduksi terjadi penurunan saat putaran mesin dinaikkan menjadi 2500 rpm, 3000 rpm, dan 3500 rpm. Hal itu dikarenakan nilai $T (T_3 - T_4)$ menurun. Sedangkan pada gambar 6, dapat dilihat pengaruh putaran mesin terhadap lamanya waktu putaran mesin, terhadap laju perpindahan kalor konveksi pada ruangan kotak utama. Terjadi kenaikan yang cukup besar pada putaran 800 rpm menuju 1500 rpm dikarenakan kenaikan temperatur T_4 (lantai) yang jauh lebih tinggi pada menit ke 5 tersebut

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil pengolahan data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pemanfaatan gas buang secara langsung dengan menggunakan Kotak Pemanas tanpa adanya fluida tambahan dapat juga dilakukan untuk memanaskan kotak utama makanan, tanpa adanya resiko masuknya gas buang ke dalam kotak makanan. Sehingga tidak terjadi kontaminasi gas buang terhadap makanan.
- Temperatur gas buang hasil dari sisa pembakaran bahan bakar akan meningkat dengan naiknya putaran mesin. Semakin tinggi putaran mesin, semakin tinggi pula kalor yang dapat dimanfaatkan. Tetapi dikarenakan panjangnya saluran gas buang sebelum menuju kotak pemanas mengakibatkan panas gas buang tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Yunus A. *Heat Transfer, A Practical Approach, 2nd edition*. Mc. Graw Hill Book Company: New York, 2003.
- [2] Halim, Abdurrachim, *Knalpot Penghangat Pizza*, Majalah Tempo, (Online), (<http://majalah.tempointeraktif.com/id/arsip/2010/10/11/INO/mbm.20101011.INO134787.id.html>) . 2010.
- [3] Holman, J.P., (diterjemahkan oleh Jasjfi, E). *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga: Jakarta. 1993.
- [4] Pikra, Ghalya,dkk, *Analisa Rugi-Rugi Panas Pada Tangki Penyimpan Panas Dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Matahari*, Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology Vol.01, No.1, 2010.
- [5] Saidur, R dkk, *Technologies to Recover Exhaust Heat From Internal Combustion Engines*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 5649–5659.