

# PELUANG PEMANFAATAN PANAS GAS BUANG MESIN DIESEL UNTUK MEMANASI AIR

Samsudi Rahardjo

Julian Al Fijar

Purnomo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

## ABSTRAK

Penelitian ini adalah awal dari sebuah peninjauan tentang peluang pemanfaatan panas gas buang mesin diesel mobil untuk dimanfaatkan khususnya untuk memanasi air. Metode penelitian dilakukan dengan memanfaatkan panas gas buang mesin diesel genset 16 Pk yang digunakan untuk menguapkan air dalam penukar dan uap yang dihasilkan digunakan untuk memanasi air yang diletakkan di dalam kondensor. Hasil akhir menunjukkan, air di kondensor dapat menjadi panas hingga mencapai  $60-70^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ini sangat penting sehingga perlu sekali untuk ditingkatkan/dilanjutkan lagi.

## PENDAHULUAN

Semakin banyaknya mobil yang ada di Indonesia dewasa ini mempunyai konsekuensi semakin banyak pula pemakaian bahan bakar minyak karena mobil-mobil itu berbahan bakar minyak, Dengan banyaknya pemakaian bahan bakar minyak, banyak juga gas buang yang terbentuk dan terbuang dalam keadaan masih panas, Pembuangan gas panas tersebut mempunyai dampak yang tidak menguntungkan, selain mencemari lingkungan dengan kotoran dan gas yang dikandungnya juga mampu merusak mahluk hidup karena panasnya, Potensi panas gas tersebut masih dapat dimanfaatkan, misalnya untuk pemanas air, untuk masak atau memanaskan makanan ataupun minuman, Sehubungan dengan hal itu, maka muncul suatu pemikiran bahwa panas gas buang tersebut masih dapat digunakan untuk memanasi air yang ditempatkan yang ditempatkan di kabin depan dekat sopir pada mobil,

Namun sejauh ini belum diketahui prosentase *recovery* energi panas gas buang dan fraksi energi dari mesin yang digunakan tersebut, sehingga perlu diadakan suatu kaji eksperimen tentang pemanfaatan panas gas buang tersebut di atas, Kaji eksperimen pemanfaatan panas gas buang ini dapat dilakukan dengan mengambil sample pada

mesin diesel genset, Diambil sample pada mesin diesel genset selaras dengan banyaknya mobil-mobil yang akhir-akhir ini menggunakan mesin jenis mesin diesel,

Sebagai dasar pemikiran pemanfaatan panas gas buang mesin diesel pada mobil untuk memanasi air adalah dipakai mobil jenis caravan (van), Diharapkan air yang dipanaskan berada pada kabin depan dekat sopir, sedang dalam pengaliran panas tanpa memakai pompa, karena selain air panas dapat merusak pompa juga harga sistem menjadi mahal, Untuk itu fluida pemanas harus berupa uap yang akan naik secara alami dan dialirkan ke kondensor sehingga air kondensor akan terpanasi oleh uap, Air kondensor semakin lama akan semakin panas yang dapat dipakai sebagai air minum untuk membuat kopi dan minuman lain serta dapat dipakai pula untuk pemanas makanan, Namun dalam kaji eksperimen ini hanya menyelidiki pemanfaatan uap untuk memanasi air minum saja,

### TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan panas yang terjadi pada gas buang yang di dalam pipa knalpot merupakan perpindahan panas konveksi paksa karena gerakan gas buang disebabkan oleh dorongan torak dari dalam mesin diesel, Panas berpindah secara konveksi dari gas buang ke dinding pipa knalpot dan besarnya dapat dicari dari persamaan<sup>[Ref,2]</sup> :

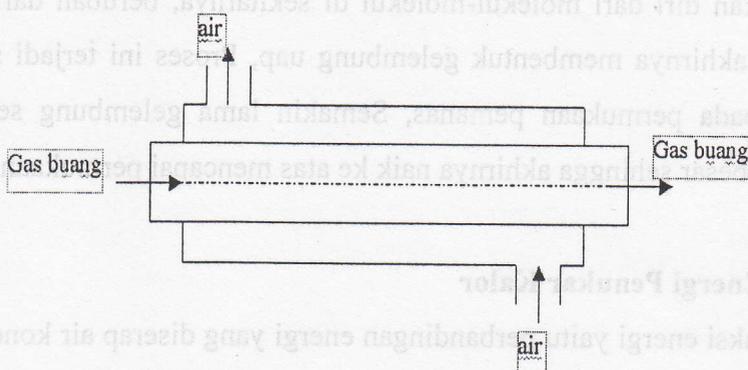
$$q_c = h_c \cdot A ( T_{\text{fluida}} - T_{\text{permukaan}} ) \quad (1)$$

Dimana :  $h_c$  = koefisien perpindahan panas konveksi

A = luas permukaan

### Penukar Kalor

Penukar kalor yang digunakan terdiri terdiri sebuah pipa konsentrik , dimana fluida gas buang mengalir didalam pipa yang lebih kecil sedang fluida yang satu lagi yaitu air mengalir di dalam ruang annulus antara kedua pipa, kedua fluida ini mengalir dalam arah yang berlawanan, karena itulah penukar kalor yang dipakai merupakan jenis penukar kalor pipa ganda aliran lawan arah ( *counter flow* ).



Gambar 1, Penukar kalor pipa ganda aliran lawan arah,

Didalam penukar kalor terjadi perpindahan panas secara konveksi dari dinding ke fluida air, Besarnya perpindahan kalor ini dapat dirumuskan <sup>[Ref,2]</sup>:

$$q_c = h_c \cdot A ( T_{\text{permukaan}} - T_{\text{fluida}} ) \quad (2)$$

Beda temperatur didalam penukar kalor pada umumnya tidak konstan, tetapi berbeda dari satu titik ke titik lainnya pada waktu fluida mengalir dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin.

### Perpindahan Panas Didih Kolum

Bila suatu permukaan bersentuhan dengan zat cair dan dipelihara pada suhu yang lebih tinggi dari suhu jenuh zat cair itu, maka akan terjadi pendidihan, dan fluks kalor yang berlangsung bergantung pada perbedaan temperatur permukaan dan suhu jenuh, Perpindahan panas ke cairan yang mendidih adalah proses konveksi yang menyangkut perubahan fase dari cairan menjadi uap,

Uap yang dihasilkan dari penukar kalor dialirkan dan digunakan untuk memanasi air yang ada di dalam kondensor, Uap berada di dalam pipa yang merupakan pipa pemanas yang terendam dalam air kondensor, dengan demikian perpindahan yang terjadi di dalam kondensor ini termasuk dalam kategori perpindahan panas didih kolum, Demikian pula pada penukar kalor,

Bila suhu permukaan pemanas ditingkatkan, seiring dengan itu maka terjadilah suatu titik dimana pada tempat-tempat tertentu, tingkat energi cairan yang berdekatan dengan permukaan tersebut menjadi semakin tinggi sehingga beberapa molekulnya

melepaskan diri dari molekul-molekul di sekitarnya, berubah dari cairan menjadi inti uap dan akhirnya membentuk gelembung uap, Proses ini terjadi serentak di sejumlah tempat pada permukaan pemanas, Semakin lama gelembung semakin banyak serta semakin besar sehingga akhirnya naik ke atas mencapai permukaan bebas,

### Fraksi Energi Penukar Kalor

Fraksi energi yaitu perbandingan energi yang diserap air kondensor dengan energi bahan bakar ( $FE_{bb}$ ) atau dengan energi gas buang ( $FE_{gb}$ ),

Fraksi energi terhadap bahan bakar,

$$FE_{hb} = \frac{\text{Energi yang diserap kondensor}}{\text{Energi bahan bakar yang diperlukan}}$$

$$FE_{hb} = \frac{Q_{kondensor}}{m_b \times LHV_{bb}} \quad (8)$$

Dimana :  $m_{bb}$  : massa bahan bakar

$LHV_{bb}$  : Lower Heat Value bahan bakar

Fraksi energi terhadap gas buang,

$$FE_{bb} = \frac{Q_{kondensor}}{\text{Energi gas buang yang timbul}} \quad (9)$$

Fraksi energi gas buang terhadap bahan bakar = 0,336<sup>[Ref,8]</sup> sehingga fraksi energi penukar kalor terhadap gas buang menjadi

$$FE_{gb} = FE_{bb}/0,336 \quad (10)$$

### METODE PENELITIAN

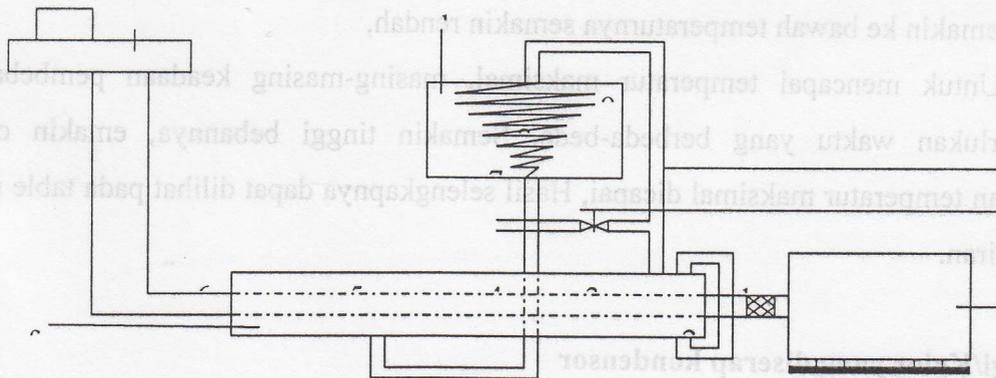
Kaji eksperimen pemanfaatan panas gas buang ini dilakukan dengan mengambil sample pada mesin diesel genset 10 kVA yang dimodifikasi knalpotnya dengan tambahan *muffler* (peredam) dan kondensor pemanas air, Gas buang yang suhunya masih relatif tinggi ( 300 – 400°C) dimanfaatkan untuk menguapkan air yang ada dalam penukar kalor, uap yang terbentuk naik dan mengalir melalui pipa yang diisolasi rapat, menuju ke kondensor, Kondensor berisi air dan karena terjadi perpindahan panas dari uap ke air, maka lama kelamaan air kondensor temperaturnya akan meningkat, sehingga suatu saat suhu air kondensor tidak bisa lagi bertambah,

Penyerapan panas gas buang untuk menguapkan air terjadi di penukar kalor, maka bahan untuk pembuatan penukar kalor dibuat dari bahan yang mempunyai konduktifitas thermal yang tinggi maka dipilih plat tembaga, sehingga pengubahan air menjadi uap oleh panas gas buang berlangsung secara efektif, Penukar kalor aliran lawan arah yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar (1),

Kondensor merupakan tempat kondensasi uap yang dihasilkan enukar kalor, supaya proses kondensasi dan perpindahan panas ke air dalam kondensor dapat berlangsung secara efektif maka bentuk pipa uap yang masuk dalam kondensor dibuat seperti bentuk spiral, Pipa tembaga dibuat cukup panjang ( 5 m) dengan harapan air kondensat dalam keadaan *subcooled* Bentuk selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini,

Air kondensat yang keluar dari kondensor dihubungkan kembali ke penukar kalor, dengan demikian volume air dalam penukar kalor tetap terjaga dalam keadaan konstan,

Pengujian mesin diesel dilakukan dalam tiga keadaan yaitu tanpa beban, beban 1500 Watt dan beban 2500 Watt, masing-masing keadaan dilakukan pengujian sebanyak 3 kali, Pencatatan hasil pengukuran temperatur dilakukan setiap 10 menit sekali pada titik-titik pengukuran yang telah ditetapkan, Data-data temperatur nantinya digunakan untuk mencari besarnya energi yang diserap kondensor dan besarnya fraksi energi,



Gambar : Peralatan Uji

Keterangan :

- |                  |                   |                                |
|------------------|-------------------|--------------------------------|
| a : Mesin diesel | d : Kondensor     | 1,2,3,...,9 : titik pengukuran |
| b : Kran         | e : Muffler       |                                |
| c : Pipa uap     | f : Penukar Kalor |                                |

## HASIL DAN ANALISA

### Di Kondensor

Uap air dari boiler (penukar kalor dialirkan ke kondensor, uap dikondensasikan dan terjadi perpindahan kalor dari uap ke air kondensor, Energi yang diserap kondensor digunakan untuk menaikkan energi dalam kondensor, akibatnya temperatur air dikondensor bertambah tinggi.

Dalam pengujian temperatur air kondensor dideteksi pada 3 titik ( yaitu titik pengukuran 7,8 dan 9) dimana pemasangannya pada ketinggian 1,5 cm, 17,3 cm dan 33,8 cm dari dasar kondensor, Untuk mengetahui distribusi temperatur air kondensor, air kondensor dibagi lagi menjadi 6 lapis dan tiap lapis mempunyai tebal 6 cm. dan distribusi temperatur tiap lapisan dicari dengan cara interpolasi, Distribusi temperatur tiap lapisan dapat dilihat pada table di lampiran.

### Temperatur kondensor

Dari pengujian didapat bahwa temperatur air kondensor akan semakin tinggi dengan naiknya beban yang diberikan, yaitu pada beban 2500 watt temperatur air kondensor mencapai kedudukan yang paling tinggi dan yang paling rendah pada keadaan tanpa beban, Temperatur air tertinggi dicapai pada lapisan air yang paling atas, semakin ke bawah temperaturnya semakin rendah,

Untuk mencapai temperatur maksimal, masing-masing keadaan pembebanan memerlukan waktu yang berbeda-beda, Semakin tinggi bebannya, semakin cepat keadaan temperatur maksimal dicapai, Hasil selengkapnya dapat dilihat pada table pada lampiran.

### Energi/Kalor yang diserap kondensor

Energi pemanas air dikondensor dihitung dengan menggunakan rumus  $mc_p\Delta t$ ,

Dimana :

M = massa air tiap lapisan (9kg)

$c_p$  = panas jenis air (kj/kg<sup>0</sup>C)

$\Delta t$  = beda temperatur (<sup>0</sup>C) tiap lapisan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan lapisan air yang paling atas temperaturnya paling tinggi yang berarti pula paling banyak menyerap kalor dari uap, Semakin tinggi beban mesin yang diberikan semakin besar pula kalor yang diserap tiap-tiap titik pada lapisan air kondensor tersebut, Hasil selengkapnya dapat dilihat di table pada lampiran.

### Fraksi energi Penukar kalor

Fraksi energi yaitu perbandingan energi yang diserap air kondensor dengan energi bahan bakar ( $FE_{bb}$ ) atau energi gas buang,  
Fraksi energi Terhadap bahan Bakar :

$$FE_{bb} = \frac{\text{Energi yang diserap kondensor}}{\text{Energi bahan bakar yang diperlukan}}$$

$$FE_{bb} = \frac{Q_{\text{kondensor}}}{m_{bb} \times LHV_{bb}}$$

dimana :  $m_{bb}$  = massa bahan bakar

$LHV_{bb}$  = Low Heat Value bahan bakar  
= 42700kj/kg

FraksiEnergi terhadap gas buang:

$$FE_{gb} = \frac{Q_{\text{kondensor}}}{\text{Energi gas buang yang timbul}}$$

dimana  $FE_{bb} = 0,336$  <sup>[Ref,8]</sup>, maka :

$$FE_{gb} = FE_{bb}/0,336$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan fraksi energi penukar kalor :

Beban (watt)	Waktu (mnt)	Kebutuhan Bahan Bakar		$Q_{\text{bahan bakar}}$		$Q_{\text{kondensor}}$	$FE_{bb}$	$FE_{gb}$
		( kg/s )	(kg)	(kj/mnt)	(kj)			
0	210	0,0152	3,196	649,8940	36469.2	1576,65	0,012	0,034
1500	180	0,0164	2,947	699,0844	125836,9	1296,47	0,010	0,031
2500	170	0,0179	3,035	762,3231	129594,5	2151,11	0,017	0,049

## KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa air dalam kondensor suhunya dapat menjadi tinggi (panas) sesuai sarat temperatur air untuk membuat minuman hangat, sehingga penelitian ini perlu ditingkatkan lagi supaya lebih sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1953. *Manual om The Use of Thermocouple in Temperature Measurement*, ASTM Spesial Technical Publication 470 B, Philadelpia
- Arko Priyono & Kreith, Frank., 1991, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, Edisi ke 3 , Erlangga, Jakarta
- Baker, N.D. & Ryder,E.A. *Themperature Measurement in Engineering*, Omega Press, Standford
- Jasfi. E, Holman. J.P. 1993. *Perpindahan Kalor*, Edisi Ke Enam, Erlangga. Jakarta
- Filino Harahap., Reynold. W.C. & Perkins, H.C. *Thermodinamika Teknik*, Edisi ke 3, Erlangga, Jakarta
- Fox, Robert W & Mc. Donald, Alan W., 1985, *Introductionn to Fluid Mechanics*, 3<sup>rd</sup> Edition, John Willey & Son, New York
- Sriati Japri, Van Vlack H. Lawrence, *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi Ke Lima
- Thermax, *Diesel Genset Exhaust Gas Boiler*, Brocur, Chinwad, India
- Trommelmans. J. *Mesin Diesel*, Rosda Jaya Putra, Jakarta.

FF <sub>po</sub>	FF <sub>pe</sub>	Kondensor	Q <sub>batas dalam</sub>		Kebutuhan Bahan Bakar		Waktu (min)	Beban (watt)
			(kJ)	(kJ/min)	(kg)	(kg/s)		
0,034	0,015	1276,62	36469,2	607,8240	3,196	0,0152	210	0
0,031	0,010	1296,47	125836,9	697,0844	2,947	0,0164	180	1200
0,049	0,017	2121,11	129294,2	762,3231	3,032	0,0179	170	2500