

Penentuan Material dan Ketebalan Kritis Isolator Pada Exhaust Pipe Generator Set 350 Kva

Candra Eka Wijayanto^{1†}, Jejen Jaelani Frihatna¹, Wisnu Wijaya¹
¹Teknik Mesin, Universitas Sangga Buana, Indonesia

[†]korespondensi: candraekawijayanto@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine experimentally the critical thickness and related material of insulator to minimize heat loss of the exhaust pipe in a diesel engine driving a 350 kVA power generator. The method used in this study is an experimental approach. The data collection technique is carried out by direct measurement of temperatures. The heat transfer rate test was carried out by coating the exhaust pipe using two insulator materials, namely insulator A and insulator B. Insulator A used fiberglass tape material which has a value of $k = 0,038 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$. While insulator B uses ceramic fiber material with a value of $k = 0,06 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$. This heat transfer rate data has been then calculated based on the measured data taken using a Fluke type 62 max+ thermometer that can measure temperatures from $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ to $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ($-22 \text{ }^\circ\text{F}$ to $1202 \text{ }^\circ\text{F}$). The results of the study show that: (1) Insulator material B is more appropriate to minimize heat loss in the exhaust pipe of the diesel engine driving a 350 kVA power generator, with the data obtained that the heat flowing from inside to outside the cylinder at point 1 insulator B = 31,553 W is smaller compared to insulator A = 82,356 W, the heat flowing from inside to outside the cylinder at point 2 insulator B = 31,462 W is smaller compared to insulator A = 79,985 W. The heat lost with the addition of insulator B = 40,923 W is smaller than the insulator A = 89,874 W. (2) The critical thickness to minimize heat loss in the diesel engine driving a 350 KVA power generator is the minimum thickness of insulator material A = 4,75 mm, the minimum thickness of insulator material B = 7,5 mm.

Keywords: Exhaust Pipe, Heat Transfer Rate, Insulator Material

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan material dan ketebalan kritis bahan isolator untuk meminimalisasi kehilangan panas di exhaust pipe pada mesin diesel penggerak generator daya 350 kVA. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan observasi. Pengujian laju perpindahan panas dilakukan dengan melapisi exhaust pipe menggunakan dua bahan isolator yaitu insulator A dan insulator B. Insulator A menggunakan material fiberglass tape yang memiliki nilai $k = 0,038 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$. Sedangkan insulator B menggunakan material ceramic fiber memiliki nilai $k = 0,06 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$. Data laju perpindahan panas ini diambil menggunakan menggunakan thermometer merk Fluke type 62 max + yang dapat mengukur suhu dari $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ($-22 \text{ }^\circ\text{F}$ sampai $1202 \text{ }^\circ\text{F}$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) Bahan insulator B lebih tepat digunakan untuk meminimalisasi kehilangan panas pada exhausts pipe mesin diesel penggerak generator daya 350 KVA, dengan data yang diperoleh yaitu panas yang mengalir dari dalam ke luar silinder pada titik 1 insulator B = 31,553 W lebih kecil dibandingkan dengan insulator A = 82,356 W, panas yang mengalir dari dalam ke luar silinder pada titik 2 insulator B = 31,462 W lebih kecil dibandingkan dengan insulator A = 76,985 W. Panas yang hilang dengan ditambah insulator B = 40,923 W lebih kecil dibanding insulator A = 89,874 W. (2) Ketebalan kritis untuk meminimalisasi kehilangan panas pada mesin diesel penggerak generator daya 350 KVA yaitu tebal minimum bahan insulator A = 4,75 mm, tebal minimum bahan insulator B = 7,5 mm.

Kata Kunci: Exhaust Pipe, Laju Perpindahan Panas, Bahan Insulator.

PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang mesin itu sendiri atau disebut *internal combustion engine* dan proses pembakaran

terjadi karena udara murni dikompresi atau dimampatkan dalam silinder ruang bakar sehingga menghasilkan panas yang tinggi serta udara bertekanan tinggi. Pada saat proses itu terjadi, bahan bakar disemprotkan atau

dikabutkan ke dalam ruang tersebut, sehingga terjadilah pembakaran (1) karena efisiensi pembakaran yang tinggi, kehandalan, fleksibilitas bahan bakar, dan rendahnya konsumsi bahan bakar membuat mesin diesel banyak digunakan (2). Mesin yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik disebut generator. Sumber energi mekanis generator berasal dari mesin penggerak utama atau *prime mover* sedangkan perangkat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut genset. Genset merupakan singkatan dari Generator Set, terdiri atas dua perangkat berbeda, yaitu *engine* dan generator yang digabungkan menjadi satu set. *Engine* merupakan perangkat penggerak utama atau *prime mover*, sedangkan generator sebagai perangkat yang menghasilkan listrik. Genset dapat menggunakan berbagai macam mesin sesuai dengan kebutuhan. Dapat menggunakan mesin bensin, diesel, gas, maupun mesin turbin (3). Dalam bidang industri penggunaan genset sudah umum digunakan sebagai sumber daya listrik untuk mendukung kegiatan operasional perusahaan, karena fungsi genset sebagai sumber daya listrik (4). Ketika genset beroperasi akan mengakibatkan timbulnya panas yang disebabkan dari hasil pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang bakar (silinder) (5). Gas buang dari proses pembakaran tersebut mempunyai temperature yang cukup tinggi, ketika beroperasi pada beban maksimum, suhu gas buang yang mencapai sekitar 1000 °F atau

537,78 °C (6). Pada lingkungan kerja, tiap tenaga kerja akan menghadapi suatu kondisi termal. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh ragam lingkungan kerja fisik seperti kelembaban, temperatur, pergerakan, jenis kegiatan, dan aspek personal. Apabila kondisi-kondisi tersebut bertentangan, dapat menyebabkan rasa tidak nyaman saat bekerja. Perlu adanya lingkungan kerja yang sesuai, karena lingkungan kerja dapat berdampak pada keefektifan tenaga kerja dalam melakukan pekerjaannya. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 menerangkan bahwa suhu ruangan yang nyaman bagi pekerja adalah 23-26 °C (7). Untuk mengurangi paparan panas pada lingkungan kerja, perlu adanya bahan atau material yang digunakan sebagai isolator termal. Isolator diartikan sebagai bahan atau kombinasi bahan yang mampu menghambat aliran energi panas. Isolator termal yang seringkali ditemukan seperti kain pembungkus knalpot atau *exhaust wrap*, merupakan kain yang dibuat dari serat yang kuat terhadap panas. Kain ini memiliki fungsi sebagai isolasi yang mampu membatasi panas (8).

METODE

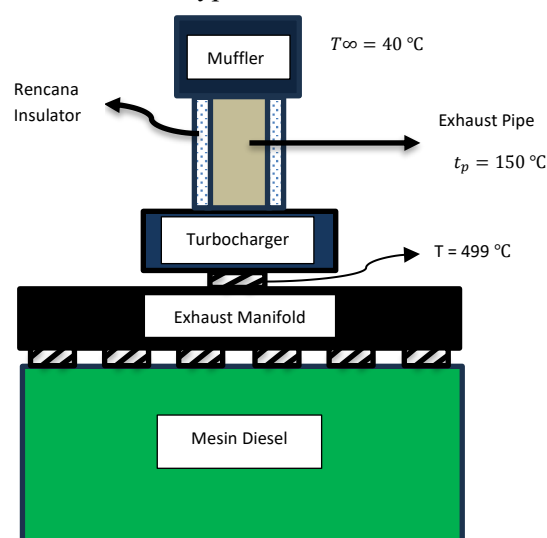
Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka dan eksperimen, dengan menggunakan teknik ini, peneliti dapat mengumpulkan beragam referensi teori mengenai kajian visual dalam desain, serta teori-teori lain yang berkaitan dengan permasalahan dan penelitian yang sedang

dilakukan (9). Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkontrol (10). Pengujian dilakukan dengan melapisi pipa knalpot atau *exhaust pipe* menggunakan dua bahan insulator, yaitu insulator A dan insulator B. Insulator A menggunakan material yang umum digunakan, yaitu pita *fiberglass fiberglass* yang terbuat dari serat kaca yang digabungkan menggunakan bahan pengikat sehingga memiliki tekstur yang mirip dengan wool, yang memiliki nilai $k = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$, sedangkan insulator B menggunakan material alternatif, yaitu *ceramic fiber* yang berasal dari komposisi kimiawi aluminosilica fiber yang memiliki nilai $k = 0,06 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$. Penggunaan dua bahan insulator ini bertujuan untuk menentukan material mana yang paling tepat untuk meminimalisasi kehilangan panas yang ada di *exhaust pipe*. Data laju perpindahan panas ini diambil menggunakan menggunakan thermometer merk Fluke type

62 max +. Thermometer ini dapat mengukur suhu dari -30 °C sampai 650 °C (-22 °F sampai 1202 °F).

Sketsa Kajian

Gambar 1 merupakan sketsa kajian dari pembahasan, gas buang hasil pembakaran yang keluar dari *exhaust manifold* mengalir menuju *turbocharger* guna memutarakan turbin *turbocharger*. *Turbocharger* memiliki fungsi untuk meningkatkan keluaran tenaga serta efisiensi mesin dengan menambahkan tekanan udara yang masuk ke dalam mesin. Setelah itu gas buang mengalir ke pipa knalpot mesin atau sering disebut juga *exhaust pipe* atau pipa gas buang. Pada *exhaust pipe* akibat gas buang mesin, memiliki temperature kurang lebih 150 °C . Fungsi pipa pembuangan adalah untuk menyalurkan gas buang dari saluran *exhaust manifold* ke *muffler*. Gas sisa pembakaran dialirkan melalui saluran pembuangan yang dirancang supaya alirannya lebih lancar, sehingga dapat mengurangi polusi.

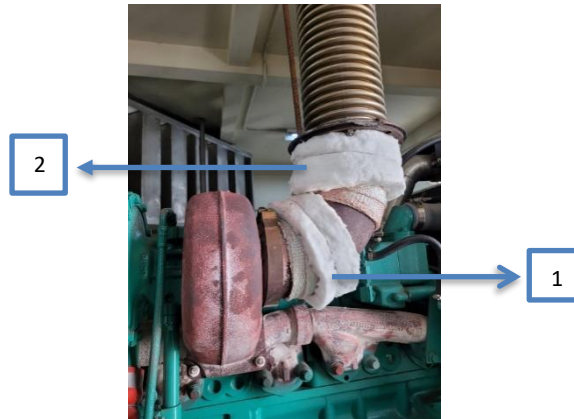


Gambar 1: Sketsa Kajian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian laju perpindahan panas dilakukan dengan melapisi *exhaust pipe* dengan menggunakan dua bahan insulator, yaitu

insulator A dan insulator B. Bahan insulator dipasang pada *exhaust pipe* dengan dua titik pemasangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2: Pengujian Eksperimen

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui eksperimen pengujian diambil menggunakan thermometer merk Fluke type 62 max +. Adapun hasil dari pengujian yang dilakukan

pada *exhaust pipe* mesin diesel penggerak generator daya 350 kVA dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2:

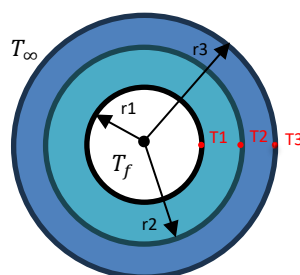
Tabel 1: Pengambilan Data Titik 1

Radius/ jari-jari (r)	Temperature (°C)	Keterangan
r1	150,0	<i>Exhaust pipe</i>
r2	108,2	Insulator A
r3	39,6	Insulator B

Tabel 2: Pengambilan Data Titik 2

Radius/ jari-jari (r)	Temperature (°C)	Keterangan
r1	147,9	<i>Exhaust pipe</i>
r2	109,2	Insulator A
r3	40,4	Insulator B

Aliran Panas



Gambar 3: Aliran Panas

Aliran panas melalui dinding silinder dari pengambilan data titik 1, perhitungan pada insulator A:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \frac{T_1 - T_2}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL}} \\ &= \frac{150 - 108,6}{\frac{\ln(0,064/0,061)}{2 \times \pi \times 0,038 \times 0,4}} \\ &= 82,356 \text{ W} \dots \dots \dots [1] \end{aligned}$$

Perhitungan pada insulator B:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \frac{T_3 - T_2}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi kL}} \\ &= \frac{108,6 - 39,6}{\frac{\ln(0,089/0,064)}{2 \times \pi \times 0,06 \times 0,4}} \\ &= 31,553 \text{ W} \dots \dots \dots [2] \end{aligned}$$

Aliran panas melalui dinding silinder dari pengambilan data pada titik 2, perhitungan pada insulator A:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \frac{T_1 - T_2}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL}} \\ &= \frac{147,9 - 109,2}{\frac{\ln(0,064/0,061)}{2 \times \pi \times 0,038 \times 0,4}} \\ &= 76,985 \text{ W} \dots \dots \dots [3] \end{aligned}$$

Perhitungan pada insulator B:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \frac{T_3 - T_2}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi kL}} \\ &= \frac{109,2 - 40,4}{\frac{\ln(0,089/0,064)}{2 \times \pi \times 0,06 \times 0,4}} \\ &= 31,462 \text{ W} \dots \dots \dots [4] \end{aligned}$$

Tebal Minimum Insulator

Panas yang berada di permukaan luar insulator terbuang ke udara sekitar secara konveksi dengan $h = 8 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, di mana tebal minimum bahan insulator A:

$$\begin{aligned} r_{2c} &= \frac{k}{h} = \frac{0,038}{8} = 0,00475 \text{ m} = 0,475 \text{ cm} \\ &= 4,75 \text{ mm} \dots \dots \dots [5] \end{aligned}$$

Tebal minimum bahan insulator B:

$$\begin{aligned} r_{2c} &= \frac{k}{h} = \frac{0,06}{8} = 0,0075 \text{ m} = 0,75 \text{ cm} = 7,5 \text{ mm} \dots \dots \dots [6] \end{aligned}$$

Panas yang Hilang Tanpa Insulator

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{tanpa} &= 2\pi r_1 L h (T_p - T_\infty) \\ &= 2 \times \pi \times 0,061 \times 0,4 \times 8 \times (150 - 40,5) \\ &= 134,299 \text{ W} \dots \dots \dots [7] \end{aligned}$$

Panas yang Hilang dengan Ditambah Insulator

Panas yang hilang dengan ditambah bahan insulator A:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= 2\pi kL \frac{T_1 - T_\infty}{\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{k}{hr_2}} \\ &= 2 \times \pi \times 0,038 \times 0,4 \times \frac{150 - 40}{\ln \frac{0,064}{0,061} + \frac{0,038}{8 \times 0,064}} \\ &= 89,874 \text{ W} \dots \dots \dots [8] \end{aligned}$$

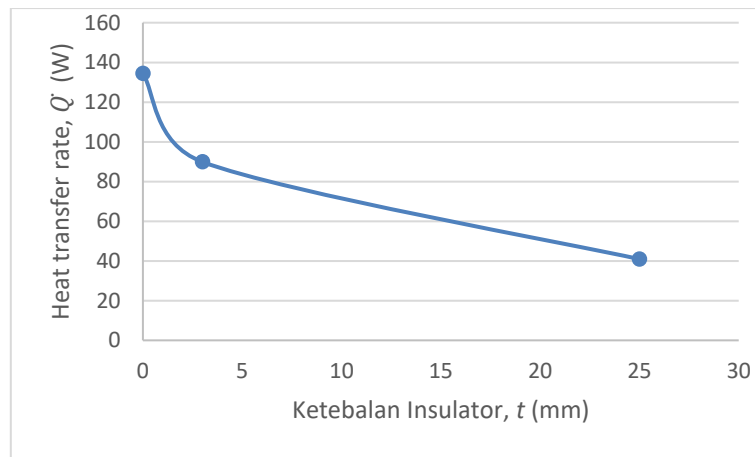
Panas yang hilang dengan bahan insulator B:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= 2\pi kL \frac{T_1 - T_\infty}{\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{k}{hr_2}} \\ &= 2 \times \pi \times 0,06 \times 0,4 \times \frac{150 - 40}{\ln \frac{0,086}{0,061} + \frac{0,06}{8 \times 0,086}} \\ &= 40,923 \text{ W} \dots \dots \dots [9] \end{aligned}$$

Grafik Data

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen pengambilan data pada *exhaust pipe* mesin diesel penggerak generator daya 350KVA yang dilapisi bahan insulator, dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dari grafik kurva data hasil pengujian eksperimen pada *exhaust*

pipe mesin diesel penggerak generator daya 350 kVA yang dilapisi bahan insulator A dan bahan Insulator B menunjukkan kehilangan panas mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya atau bertambahnya ketebalan bahan insulator, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4: Kurva Q terhadap t

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan mengenai penentuan material dan ketebalan kritis bahan isolator di *exhaust pipe* pada mesin diesel penggerak generator daya 350 kVA dapat disimpulkan bahwa: (1) Bahan insulator B lebih tepat digunakan untuk meminimalisasi kehilangan panas pada *exhausts pipe* mesin diesel penggerak generator daya 350 KVA, dengan data yang diperoleh yaitu panas yang mengalir dari dalam ke luar silinder pada titik 1 insulator B = 31,553 W lebih kecil dibandingkan dengan insulator A = 82,356 W, panas yang mengalir dari dalam ke luar silinder pada titik 2 insulator B = 31,462 W lebih kecil dibandingkan dengan insulator A = 76,985 W.

Panas yang hilang dengan ditambah insulator B = 40,923 W lebih kecil dibandingkan insulator A = 89,874 W. (2) Ketebalan kritis untuk meminimalisasi kehilangan panas pada mesin diesel penggerak generator daya 350 kVA yaitu tebal minimum bahan insulator A = 0,00475 m = 0,475 cm = 4,75 mm, tebal minimum bahan insulator B = 0,0075 m = 0,75 cm = 7,5 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Samlawi Ak. Teori Dasar Motor Diesel. J Tek Mesin. 2012;126.
2. Yani A. Analisis Putaran Mesin Diesel 16 Silinder Menggunakan Alat Dynamometer Terhadap Torsi Mesin, Daya Mesin Dan Komsumsi Bahan Bakar. J Ilm Tek Dan Manaj Ind. 2022;2(2):162–74.
3. Siregar Ms, Junaidi J, Irwan A,

- Ibrahim H. Analisis Pemeliharaan Berkala Pada Motor Diesel Generator Set Daya 90 Kva Sebagai Energi Listrik Cadangan Di Upt Rumah Sakit Khusus Paru. *Sinergi Polmed J Ilm Tek Mesin*. 2022;3(1):55–67.
4. Gunawan Y, Wartini, Nurbaya F. Upaya Pengendalian Kebisingan Pada Genset 512 Kva. *Prepotif J Kesehat Masy*. 2024;8(April):992–9.
 5. Siahaan Arjuna. Analisis Overheat Pada Auxiliary Engine No.1 Di Mt.Woolim Dragon. *Skripsi*. 2021;(1).
 6. Mustiko S. Perancangan Sistem Distilasi Air Laut Dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel Pada Kapal Penumpang Km. Nggapulu. 2020;
 7. Aulia R, Mayasari D, Saftarina F. Dampak Paparan Panas Di Lingkungan Kerja Terhadap Kesehatan Pekerja. *Med Prof J Lampung*. 2023;13(3):239–46.
 8. Pradana Zb, Khambali K. Pengaruh Penambahan Variasi Ketebalan Kain Pelapis Knalpot (Exhaust Wrap) Terhadap Perpindahan Panas Pada Mesin Sepeda Motor 150cc. *J Ilm Mhs*. 2024;2(4):269–79.
 9. Febriansyah Y. Kajian Visual Drama. *J Chem Inf Model*. 2015;53(9):1689–99.
 10. Sugiyono D. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan Tindakan. 2013. 189–190 Hal.