

Analisis Isolasi Panas pada Modifikasi Konventor Manifold VW 1970 (Studi *Redisain*)

Wowo Sunaryo Kuswana

Abstrak

Perkembangan katalis konventor yang digunakan pada motor, telah meningkatkan performansi motor. Salah satu pemanfaatannya adalah untuk mengurangi panas yang berlebihan secara tidak langsung pada komponen motor, terutama pada exaus manifold dan knalpot. Bentuk panas yang keluar dari motor, sebagai gas sisa pembakaran dapat meningkatkan udara sekeliling dan radiasi sehingga, komponen yang mempunyai batas ambang tertentu akan mengalami kerusakan.

Kata kunci, Kaset, katalis konvnetor,

A. PENDAHULUAN

Persoalan yang mendasar dalam kehidupan sehari-hari di Indonesia, selain belum diberlakukannya Undang_undang No 14 tahun 1994 mengenai batas ambang emisi gas buang, masih banyak berkeliaran mobil-mobil tua terutama dari komunitas penggemar. Hal ini, tentunya ditinjau dari hal keramahan lingkungan sudah dapat diindikasikan jauh dari persyaratan. Oleh sebab itu, peneliti memandang urgen untuk melakukan analisis dan uji coba berkenaan dengan komponen yang dapat mengurangi zat beracun. Salah satu objek yang dijadikan penelitian ini adalah VW Tahun 1970 dengan modifikasi motor 1600 CC. Selanjutnya dilakukan ujicoba penggunaan isolasi terbuat dari serbuk keramik dalam berbagai kondisi untuk dibandingkan dan dianalisis untuk mencapai tingkat efektivitasnya.

Bertolak dari kondisi yang dikemukakan, maka diperlukan untuk memperhitungkan panas melalui metode isolasi. Adapun pengujiannya dilaksanakan di PT.Wahana Cibinong Jawa Barat.

B. KAJIAN TEORI

Secara teoretis, konsep katalis ini mempunyai beberapa tantangan, seperti harus mampu menerima temperatur gas buang kisaran 950°C atau lebih (Hasil perhitungan*), padahal kita ketahui bahwa kemampuan batas maksimum bahan konventor dari knalpot sebagai rumah dari katalis ini mempunyai keterbatasan.

Saïd Zidat and Michael Parmentier (2007:3) mengidentifikasi bahwa hasil penelitian dengan pengujiannya pada kasus katalis konvertor panas terus meningkat dan terjadi kerusakan setelah kendaraan bekerja pada beban maksimum 80.000 km.

Selain itu, setiap kendaraan (mobil), saat ini posisi motor dirancang pada suatu ruang secara minimalis, hal itu terkait dengan sistem instalasi yang lebih rumit dengan bahan-bahan seperti kabel, pipa terbuat dari plastik, oleh sebab itu temperatur di ruang motor harus kurang dari 100°C , maka panas yang terjadi pada lapisan luar knalpot harus dibawah 300°C .



Gambar 1. Konvertor

Katalis konvertor, mempunyai prinsip reaksi *eksotermik* yang berlangsung selama motor bekerja. Apabila pembakaran pada motor, tidak bekerja dengan optimal sejumlah energi dilepaskan oleh oksidasi dari bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna, dan menghasilkan gas beracun. Oleh sebab itu, temperatur harus dijaga keseimbangannya, agar komponen dalam konvertor tidak cepat rusak, selain itu diperlukan serabut yang tahan terhadap suhu nyala pada lapisan muka. Dengan demikian, konstruksi yang dikembangkan harus memenuhi persyaratan-persyaratan ketahanan terhadap panas dan ikutannya. Studi ini mencoba, merancang kembali dari suatu pemodelan sistem penyekatan internal dan eksternal dan pembuatannya.

C. METODE

Simulasi metode *One-Dimension* sebagai salah satu metode sederhana dalam perhitungan evaluasi variabel perpindahan panas (tingkat ketebalan serabut pada isolasi).

D. PEMBAHASAN

1. Relevansi Transformasi Panas Mekanis

Perhitungan komponen konvertor berfokus pada kemampuan pemindahan panas mulai dari permukaan kulit yang terkena langsung dan tidak langsung, sampai ke udara

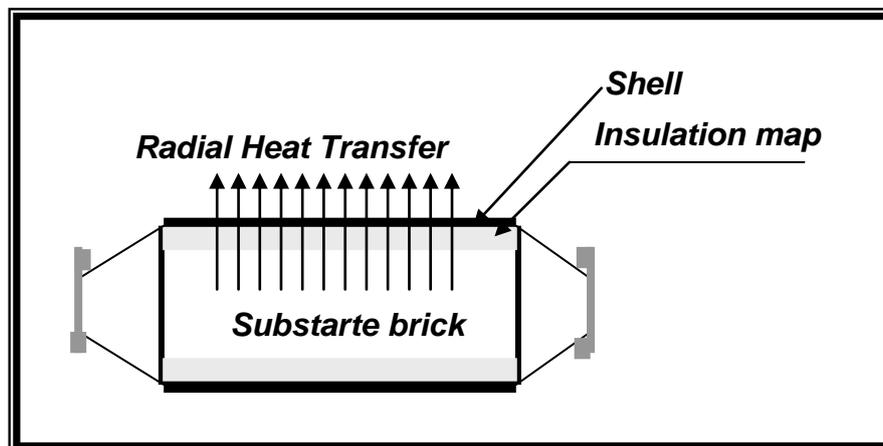
bebas di bawah 100° C. Perpindahan panas ini dapat dikurangi dengan upaya meningkatkan ketahanan kulit permukaan dari temperatur tinggi yang mampu menyerap emisi.

Bagian kulit luar dari komponen yang dapat menerima panas yang diijinkan:

- a. Kemampuan serat atau serbuk keramik dalam menerima dan memindahkan panas kisaran 900° sd 1000° C. Arus panas yang mengalir pada gas buang pembakaran motor, dapat direduksi melalui proses kimia eksotermik yang terjadi pada katalis. Gas buang yang melewati dinding dari saluran katalis akan terus memberikan peningkatan temperatur, diupayakan untuk direduksi sampai 100° C. Oleh sebab itu, kulit muka dinding yang kontak langsung di dalam konvertor sekitar 950° C sebagai dasar perhitungan.
- b. Konduksi panas di sekitar pusat ruang dan salurannya konvertor, secara empirik bersentuhan dengan panas antara 750° sampai dengan 800° C, sedangkan pada saluran kerucut kisaran 450° sampai dengan 500° C.

2. Penurunan perpindahan panas

Sebagai upaya efisiensi rancangan konvertor, diperhitungkan proses dan penyerapan panas. Sebagai simulasi perhitungan panas, bertolak dari asumsi volume serabut keramik sekitar 100 in^3 , dengan dibatasi tebal dinding 6 mm (modifikasi perancang terdahulu*).



Gambar 2. Modelisasi Katalis Konvertor

Suatu model kuantitatif sederhana menyangkut perpindahan panas dibangun dengan pendekatan pengukuran bersifat percobaan. Kesetimbangan panas, disimulasikan berdasarkan dimensi perpindahan gas buang hasil pembakaran ke permukaan dari kulit muka bahan katalis, dengan melalui saluran sampai kepermukaan serta terjadinya radiasi pada permukaan kulit konvertor luar dan dapat dinyatakan :

$$\begin{aligned}
N_{ugas} \frac{\lambda_{gas}}{D_{CH}} A_b (T_{gas} - T_b) &= \frac{2 \lambda_{mat}}{L_n \left(\frac{R_b}{R_s} \right)} (T_b - T_s) \\
&= f_s (G_r \cdot P_r) A_s (T_s - T_{amb}) + \sigma \varepsilon A_s (T_s^4 - T_{env}^4)
\end{aligned}$$

Nu gas adalah bilangan Nusselt dari aliran laminar di dalam menentukan substrat, f adalah perpindahan panas ilian bebas dan ke udara yang berkenaan dengan lengkungan. Adapun f-f merupakan korelasi perpindhan panas secara umum, untuk suatu tabung yang digunakan. Variabel-variabel yang lain dan parameter digambarkan di dalam bagian memenklatur. Gardien suhu radial di dalam tabung konventor metalik adalah negetes karena keterhantaran panas yang tinggi.

Berdasarkan kesimbangan panas, T_{gas} , T_{amb} , T_{env} , mempunyai karakteristik geometris dan udara yang saing ketergantungan satu sama lain, temperatur pada isolasi dapat dihitung, T_b dan temperatur pada tabung T_s . T_{gas} diasumsikan sebagai temperatur gas di batas luar dan *substrat*. Hal ini merupakan suatu parameter yang sulit untuk diperoleh, disebabkan adanya hubungan dengan aliran buangan dan distribusi panas, yang memerlukan suatu model **3D**. Sebagai simulasi dalam studi ini, suhu diasumsikan menjadi kurang dari 100^0 C, dari suhu kamar di pusat tabung.

Kualitas prediksi tergantung pada suhu gas buang yang dipakai, mengingat model akan digunakan sebagian besar karena sensitivitas yang dapat mengungkap gejala terobservasi. Suatu asumsi dimensional juga membatasi ketelitian model, jika penghantar panas yang berada disekitar pusat dari manifold gas buang dan kerucut saluran.

Setiap kasus, panas menyebar sekitar 70 sampai dengan 80% dari panas total yang hilang. Sumbangan ilian bebas adalah yang dikurangi lebih lanjut untuk suhu ambien yang tinggi, konveksi paksa akan membantu ke arah di mana panas di perkukaan kulit isolasot akan tereduksi.

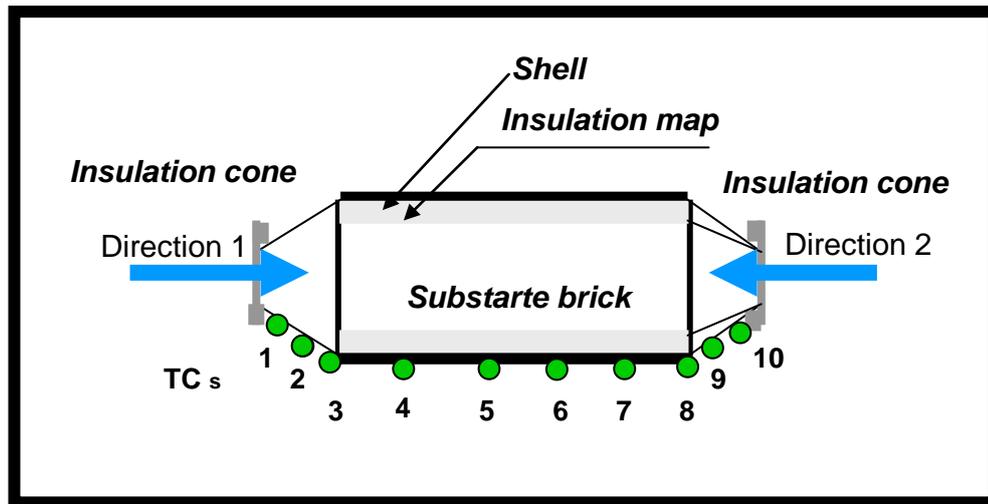
3. Perpindahan panas radiasi dapat dikurangi melalui :

Mengurangi suhu pada permukaan kulit, dan dapat dicapai dengan cara mengurangi keterhantaran panas atau dengan meningkatkan ketebalan keset. Peningkatan ketebalan keset akan meningkatkan diameter tabung dan sebagai konsekuensinya luas permukaan untuk penyinaran bertambah.

Mengurangi keterpancaran tabung, hal ini bisa dengan bahan dari tabung baja atau bahan lain anti karat. Salah satu baja tahan karat yang ferric, dapat menunjukkan

peningkatan 75% di dalam jumlah panas yang menyebar. Bagian lainn, kita akan meneliti pengaruh dari ukuran-ukuran komponen yang dipasang pada konventor.

Panas yang terjadi pada exaus manifold atau untuk mengevaluasi pengaruh dari panas, melalui pengujian seperti ditunjukkan pada gambar ini.



Gambar 3. Analisis Konfigurasi Pengujian Panas Konduksi

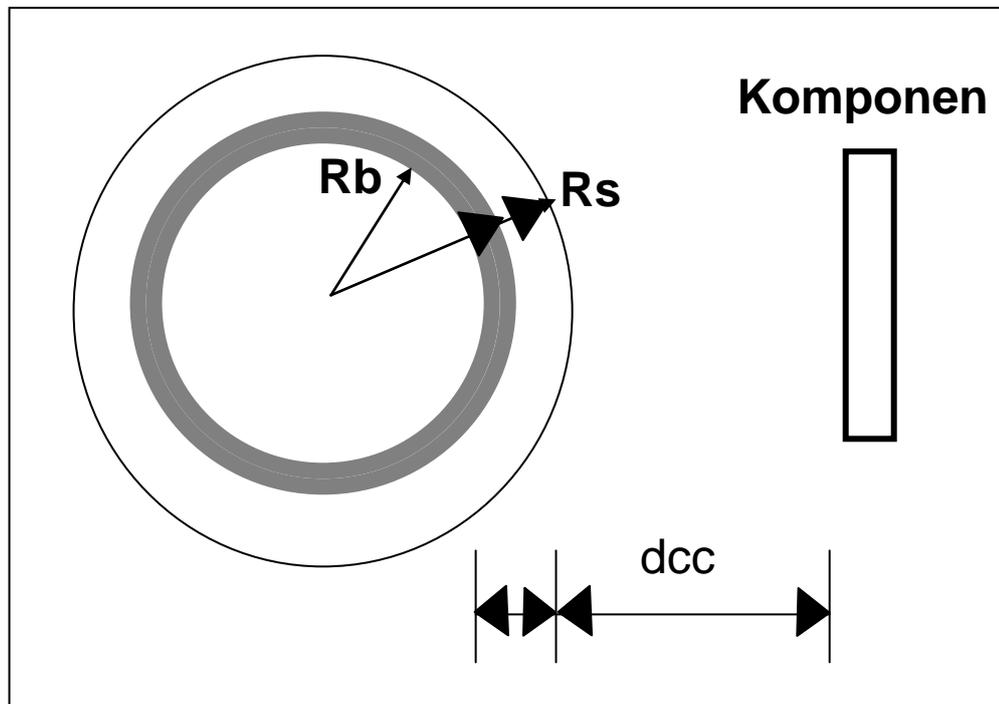
Konventor yang dirancang, mengarahkan pada gas buang yang keluar exaus manifold masuk ke dalam pada kondisi aliran yang merata. Arah satu gas masuk melalui suatu bentuk kerucut yang dibatasi dan pada arah dua aliran lewat. Apabila suhu dari pusat tabung telah terkena karat, maka hal itu akan bertambah panas karena permukaannya akan terbakar. Hasil-hasil percobaan, yang ditunjukkan pada gambar 6 suhu pusat tabung tidak dipengaruhi oleh penghantar panas.

4. Rancangan Instulation

Konventor yang dipasang pada engine akan berperan untuk meningkatkan suhu ambien underhood, terutama selama konidisi tidak ada peredaran udara. Hal itu, disebabkan adanya tekanan pada suhu ambien yang tinggi, dan akan mengurangi dengan cara memindahkan ke permukaan bebas secara proposional ke $(T_c - T_{amb})$.

Isolasi yang efisien, dapat berperan sebagai isolasi internal dari katalik konventor. Komponen yang terkena panas oleh penyinaran secara langsung, dapat diidentifikasi sebagai modus dari perpindahan panas. Penyebaran merupakan suatu kombinasi yang kompleks.

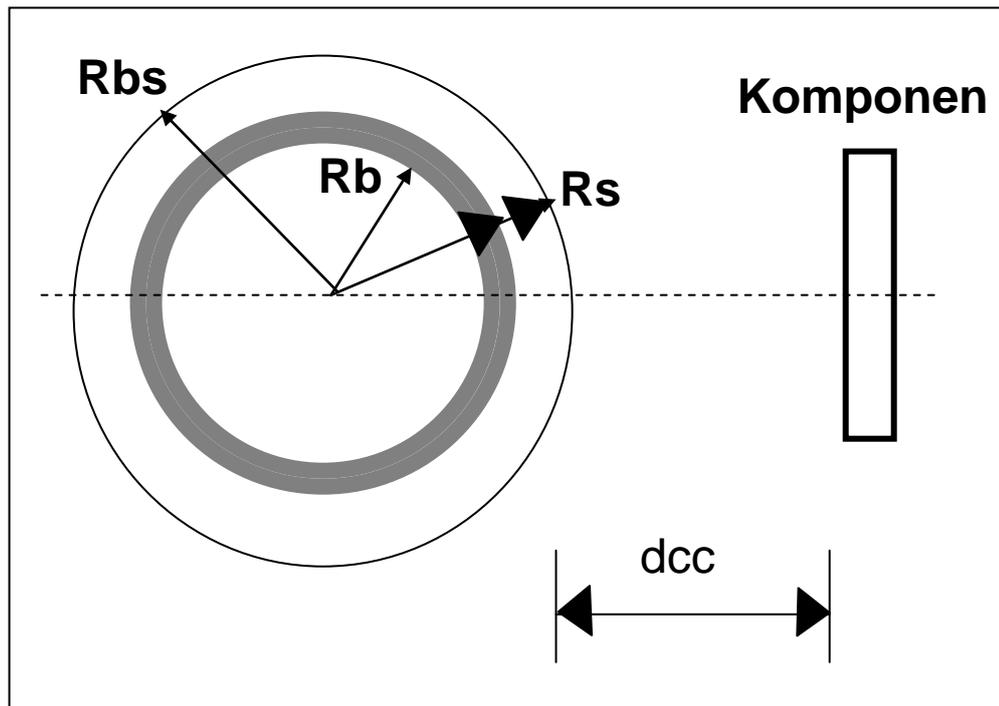
Komponen utama yang umum untuk melindungi komponen lain dari radiasi yang meningkat, maka dalam analisis perhitungan efisiensi relatif dari berbagai parameter. Ketebalan keset isolasi, perlindungan panas, faktor-faktor penghambat dan radiasi.



Kasus Variabel Internalisasi Insulator

Perisai panas, dipasang di sekitar konvector dengan sumbu bahwa beberapa komponen yang ada didekatnya dan penyebaran panas terjadi. Perlindungan panas pada masing-masing komponen secara individu sangat kompleks.

Keseimbangan panas untuk kasus yang diperlihatkan pada gambar pertama dan kedua dapat ditulis sebagai berikut:



Perisai panas, dipasang di sekitar konventor dengan sumbu bahwa beberapa komponen yang ada didekatnya dan penyebaran panas terjadi. Perlindungan panas pada masing-masing komponen secara individu sangat kompleks.

Kesimbangan panas untuk kasus yang diperlihatkan pada gambar pertama dan kedua dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{ugas}} \frac{\lambda_{\text{gas}}}{D_{\text{ch}}} A_b (T_{\text{gas}} - T_b) &= \frac{2 \lambda_{\text{mat}}}{\ln(R_b/R_s)} (T_b - T_s) \\
 \text{For case1} &= f_s(G_r, P_r) A_s (T_s - T_{\text{amb}}) + q_{\text{rad}, s} \\
 \text{For case2} &= \frac{2\pi L \lambda_{\text{gap}}}{\ln(R_s/R_{hs})} (T_s - T_{hs}) + q_{\text{rad}, s/hs} \\
 &= f_{hs}(G_r, P_r) A_{hs} (T_{hs} - T_{\text{amb}}) + q_{\text{rad}, hs}
 \end{aligned}$$

The balance for the component is expressed as:

$$f_c(G_r, P_r) A_c (T_c - T_{\text{amb}}) + q_{\text{rad}, c} + q_{\text{contact}} = 0$$

Gradien suhu radial di dalam tabung konventer metalik dan di dalam perisai kalor, kembali neglected karena keterhantaran panas yang tinggi. $q_{\text{rad},s}$, $q_{\text{rad},hs}$ dan $q_{\text{rad},c}$ berturut-turut panas yang netto menyebar dari konverter (jika 1), dari perisai kalor (jika 2) dan dari komponen. Mereka dihitung dengan pemecahan Kirchoff Law di dalam

jejala yang berikut (Gambar 7) dan mengumpamakan semua permukaan untuk bersifat beruban/kelabu.

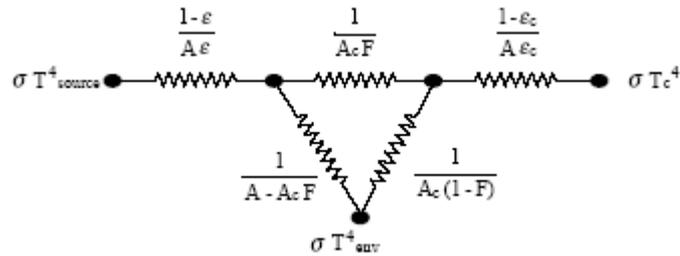


Figure 7. Heat radiation network used to solve case 1 and case 2.

Sumber panas untuk komponen itu, yakni konverter untuk kasus 1 dan menjadi perisai panas, untuk kasus 2 faktor ini hanya tergantung pada parameter geometris.

Panas menyebar dari konverter ke perisai panas, q_{rad}, s, atau h_s, dihitung dengan mensimulasikan. Hantara panas antara konverter dan perisai panas dihitung dengan suatu keterhantaran udara yang dimodifikasi oleh kasus 1.

$$\lambda_{\text{gap}} = \lambda_{\text{air}} \cdot 0.386 \left[\frac{L_n(R_{hs} / R_t)}{(R_{hs} - R_t)^{3/4} \cdot (D_t^{-3/5} + D_{hs}^{-3/5})^{5/4}} \right] \cdot (\text{Pr} / (0.861 + \text{Pr}))^{1/4} \cdot Ra_b^{1/4}$$

Panas yang hilang diserap oleh komponen sebelahnya, dan diduga untuk terhubung dengan body kendaraan, dievaluasi oleh q_{contact} yang dinyatakan oleh:

$$q_{\text{contact}} = h_c A_c (T_c - T_{\text{body}})$$

H_c merupakan koefisien kontak perpindahan panas.

Pengaruh dari ketebalan keset dan ketrhantaran, jika kasus 1 ditingkatkan dari 4 mm menjadi 12 mm dengan suhu ambien dari 30⁰ C dan 100⁰ C.

Pengaruh utama adalah, pengurangan suhu kulit permukaan dan jterjadi peningkatan di dalam faktor antara konverter dengan komponen lainnya. Penyebaran panas yang dikurangi secara menyeluruh dan suhu komponen lain, dapat turun. Adanya pengurangan panas pada keset isolasi merupakan hal yang penting, keset mempunyai keterhantaran (01@200°C, 02@800°C) w/m/K, pada suatu keset dengan keterhantaran

yang lebih rendah (006@200°C, 016@800°C) w/m/K hanya dengan ketebalan lantai yang sama (Gambar 8), suhu itu dikurangi oleh 5%. Mepertebal ketebalan keset memberikan pengaruh pengurangan 15%, tetapi persoalannya adalah semakin mahal biaya bahan.

Sebagai upaya mengurangi radiasi konverter pada setiap perlakuan uji coba, menunjukkan pengurangan suhu kulit komponen. Pelepasan radiasi dari 0,8 sampai dengan 0,4 dapat mengurangi suhu komponen 15⁰C. Gambar 10, menunjukkan suhu kulit konverter bukan satu-satunya parameter untuk memprediksi suatu suhu pada lingkungan.

Peningkatan suhu kulit permukaan konverter mendorong juga peningkatan panas yang ditransfer ke udara atau lingkungan sekitar. Jika radiasi dikurangi dari 01 sampai 001 dan suhu komponen berkurang 60⁰ C, cara ini, lebih efektif dari pada dengan mempertebal keset. Yang menarik untuk mendiskusikan suhu kulit permukaan konverter tidak banyak berubah, karena panas total tidak terpengaruh ketika terjadinya radiasi. Suhu kulit permukaan komponen menurun karena panas total hilang tidak dipengaruhi radiasi.

Perlindungan melalui perisai panas, pada kasus 2 dipasang pada konventor bagian atas dengan dibatasi oleh 4 juta dari keset, apabila kesenjangan seperti celah, jurang antara konventor dengan perisai kalor dan dibatasi oleh 4 dan 8 juta, jarak dari sumber kalor ke komponen adalah sama dengan kasus 1, dimana ketebalan keset ditingkatkan dari 4 ke 12 juta. Suhu komponen untuk jarak yang sama dari sumber panas ke komponen menurun dengan asumsi bahwa perisai dapat mempertahankan radiasi dari 04 ke permukaan. Kelemahan utama dengan menggunakan perisai kalior ini, adalah rerata suhu kesetsekitar 550⁰.

E.KESIMPULAN

1. Secara teoretis katalis konventor yang dipasang pada engine menunjukkan, adanya pengaruh radiasi terhadap bagian-bagian atau komponen lainnya. Oleh sebab itu, dengan cara meningkatkan lapisan dari isolasi yang digunakan pada konventor hal itu dapat dikurangi.
2. Permukaan lingkungan, akan terjadi peningkatan radiasi dan perpindahan panas konveksi, oleh sebab itu perlu adanya pertimbangan ketahanan dari bahan-bahan komponen yang mempunyai titik bakar tinggi.

3. Menggunakan bahan isolasi dengan keterhantaran panas yang rendah, harus dibandingkan dengan suatu peningkatan ketebalan keset isolasi. Hantaran panas melalui konventor yang dibentuk kerucut sebagai saluran dari manifold ke tabung tidak menunjukkan indikasi pengaruh yang kuat. Hal ini dalam perancangan bisa saja dibuat sesuai dengan posisi engine dari suatu kendaraan, seperti pada VW tahun 1970 dimodifikasi selama pengujian.
4. Menempatkan suatu perisai kalor (db) di atas konventor katalis, tidak terlalu menguntungkan dibandingkan dengan penambahan mempertebal keset isolasi. Radiasi panas sangat berbahaya untuk lingkungan langsung atau tidak langsung, oleh sebab itu menimbulkan suatu masalah baru dari pengurangan zat beracun ke efek radiasi.

REFERENCES

1. H. Waltner et al, "Development of close-coupled catalyst systems for European driving conditions" SAE 980663
2. E. Oho et al, "The development of BMW catalyst concepts for LEV/ULEV and EUIII/IV legislation --6— Cylinder engine with close-coupled main catalyst." SAE 980418
3. D. Glander, S. Zidat, "Modeling electrically heated converters" *Automotive Engineering*, p. 76, Vol 106, 1998.
4. J.G. Nunan, G.W. Denison, W.B. Williamson, M.G. Henk, "Characterization of OBDII features of advanced Pd/Rh catalysts and relation to catalyst composition and design", SAE 980675
5. S. Taniguchi et al, "New low-cost and high performance catalyst single layer Pd/Rh catalyst development"
6. F. Kreith, M.S. Bohn, "Principles of Heat Transfer". 5th Edition PWS Publishing Company, 1997
7. H. Bauer et al, "Thermal Management of closecoupled catalysts", SAE 1999-01-1231

