

ANALYSIS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION AND RATE OF HEAT TRANSFER ON COOLING SYSTEM (SIMULATION) USING *POROUS MEDIA*

Ahmad Hamim Su'udy¹, Eko Siswanto², Rudy Soenoko³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
 Jalan. MT. Haryono No. 167, Malang
 Phone :+62-341-587711, Fax +62341-554291
 E-mail: H4.mim.99@gmail.com

Abstract

Science and technology continue to innovate to overcome the problem of cooling systems that often arise from heat generated by the engine and how to improve engine cooling function. The porous media system provides a solution for heat transfer with porous media capable of enhancing heat transfer, as well as the effect of natural convection with porosity variation. The high porosity increases the Prandtl value proportional to the Nusselt value, causing the flow value to increase as well. The study of heat transfer with porous media can be applied to engine cooling system using simulation aid, with porosity 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Where the results obtained porosity affect the temperature distribution where the greater the value of porosity the greater the temperature distribution occurs and the greater the porosity then the value Thermal conductivity is smaller, Small thermal conductivity causes the rate of heat transfer is also small.

Keywords: Rate of heat transfer, Porosity, Temperature, Heat Transport.

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi terus berinovasi untuk menanggulangi masalah sistem proses pendinginan yang sering timbul akibat panas yang dihasilkan oleh *engine* dan bagaimana meningkatkan fungsi pendinginan *engine*, seperti halnya yang dilakukan dengan melakukan studi eksperimen pengaruh alur permukaan sirip pada sistem pendingin *engine* kendaraan bermotor, yang menyebutkan penggunaan bentuk sirip yang alurnya searah dengan aliran fluida akan mempercepat pembuangan kalor ke lingkungan [1]. Selanjutnya inovasi sistem pendingin dengan empat macam bentuk sirip diuji dalam terowongan angin dengan kecepatan aliran udara yang bervariasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sirip segi-empat menghasilkan nilai koefisien perpindahan kalor yang lebih baik [2].

Studi sistem pendingin berkembang pesat dengan menggunakan *Porous media* hingga menginvestigasi dinamika fluks termal dan konduktivitas termal yang terjadi pada *porous media* [3].

Studi mengenai perpindahan panas dengan *porous media* mampu meningkatkan

perpindahan panas [4], hingga pengaruh konveksi alami dengan variasi porositas menyebutkan porositas tinggi meningkatkan nilai Prandtl dan berbanding lurus dengan nilai Nusselt, sehingga menyebabkan nilai aliran yang terjadi juga meningkat [5].

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti akan membahas bagaimana distribusi temperatur dan laju perpindahan panas pada sistem pendingin (simulasi) dengan menggunakan *porous media* dengan variasi porositas.

Untuk persamaan dalam menghitung Konduktifitas termal efektif pada tiap-tiap porositas.

$$K_{eff} = \left[\frac{(1 - \epsilon)^2/3 + \epsilon^2/3}{(1 - \epsilon)^2/3 + \epsilon/3} \right] k_p \quad (1)$$

Dimana :

K_{eff} = Konduktivitas termal efektif

ϵ = porositas *porous media*

k_p = konduktivitas termal partikel *porous media*

k_a = konduktivitas termal fluida udara

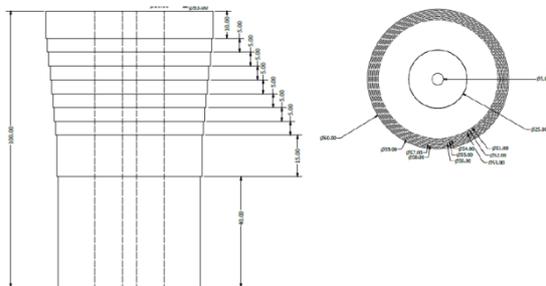
sedangkan untuk mencari laju perpindahan panas konduksi

$$Q_{Konduksi} = -K_{eff} \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

Q = laju Perpindahan kalor konduksi (W)
 k = konduktivitas termal zat (W/m)
 A = luas permukaan perpindahan panas (m)
 Δt = perbedaan temperatur (°C)
 Δx = tebal Permukaan pada arah x (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan melakukan simulasi tentang pengaruh penggunaan *porous media* dalam sistem pendingin untuk *engine*. Adapun desain simulasi *porous media* yang digunakan ialah.

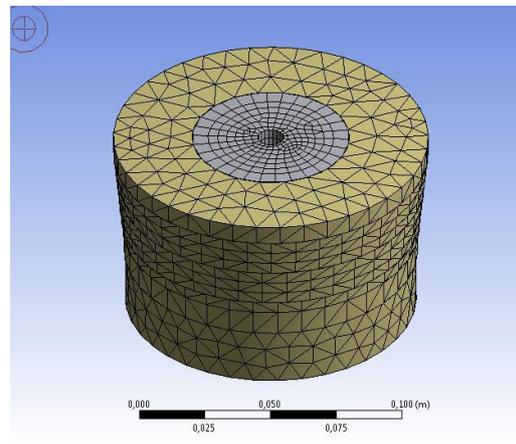


Gambar 1. Desain *Engine* Pendingin *Porous media*

Keterangan :

- Tinggi silinder : 10 cm
- Diameter silinder : 6 cm
- Tebal *porous media* Y10 mengelilingi silinder : 3 cm
- Tebal *porous media* Y9 mengelilingi silinder: 2,95 cm
- Tebal *porous media* Y8 mengelilingi silinder: 2,9 cm
- Tebal *porous media* Y7 mengelilingi silinder: 2,85 cm
- Tebal *porous media* Y6 mengelilingi silinder: 2,8 cm
- Tebal *porous media* Y5 mengelilingi silinder: 2,75 cm
- Tebal *porous media* Y4 mengelilingi silinder: 2,7 cm
- Tebal *porous media* Y3 mengelilingi silinder : 2,65 cm
- Tebal *porous media* Y2 mengelilingi silinder : 2,6 cm
- Tebal *porous media* Y1 mengelilingi silinder : 2,55 cm

- Bahan *porous media* : Aluminium
- Porositas *porous media* : 10%, 15%, 20%, 25%, 30%



Gambar 2. Simulasi desain *Engine* Pendingin *Porous media*

Untuk panas yang diberikan panas pada tiap baris Y1 sebesar 70° C ,Y2 sebesar 134° C, Y3 sebesar 198° C, Y4 sebesar 262° C , Y5 sebesar 326° C, Y6 sebesar 390° C, Y7 sebesar 454° C, Y8 sebesar 518° C, Y9 sebesar 582° C, dan Y10 sebesar 646° C, pada ketebalan *porous media* untuk Y1-Y5 dibagi menjadi 3 kolom pemantauan distribusi temeperatur sedangkan untuk Y6-Y10 dibagi menjadi 4 kolom pemantauan. Sedangkan *ambient* lingkungan 27° C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

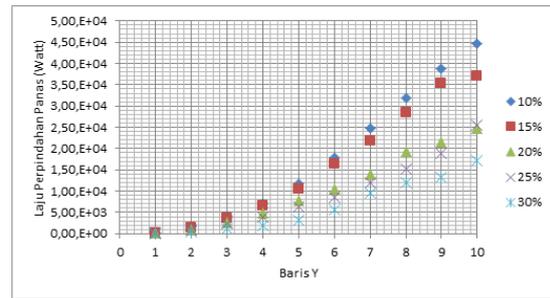
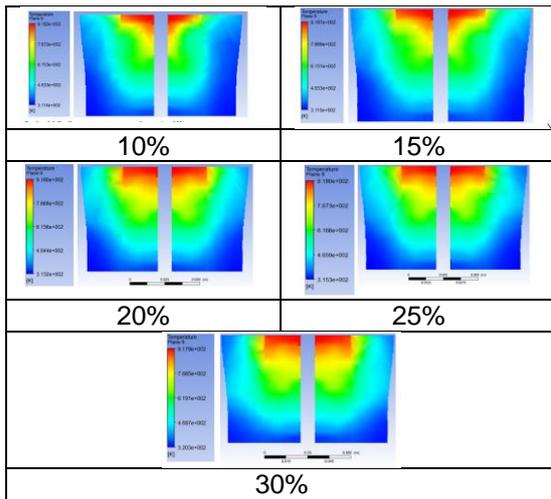
Data yang telah didapatkan dari hasil penelitian secara simulasi akan di paparkan berupa gradien temperatur dan tabel nilai distribusi temperatur pada pendingin *porous media*.

Pembahasan laju perpindahan panas merupakan nilai laju perpindahan panas yang terjadi pada *porous media* yang sejajar pada tiap-tiap baris Y1 (satu) sampai Baris Y10 (sepuluh). Pembahasan akan membandingkan laju perpindahan panas yang terjadi pada tiap baris Y1 (satu) sampai baris Y10 (sepuluh) dilihat dari empat kolom pantau disetiap garis yang sejajar dengan baris Y menuju output.

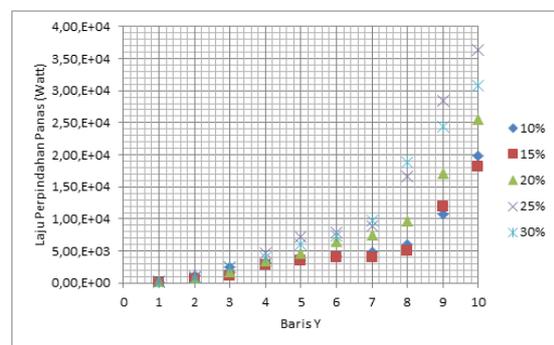
$$Q_{Konduksi} = -K_{eff} \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Untuk mencari nilai Q pada porositas 10% di baris Y1 kolom A, lbih dulu menghitung nilai luasan (A).

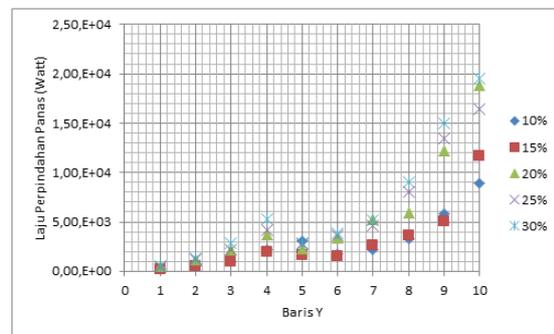
$$\begin{aligned}
 A_{y1a} &= 2 \times 3,14 \times r \times t \\
 &= 2 \times 3,14 \times r_{y1a} \times t_{y1a} \\
 &= 2 \times 3,14 \times 0,00833\text{m} \times 0,01 \text{ m} \\
 &= 0,000523 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Grafik Laju perpindahan panas pada Kolom A



Gambar 4. Grafik Laju perpindahan panas pada Kolom B



Gambar 5. Grafik Laju perpindahan panas pada Kolom C

Selanjutnya menghitung ΔT pada baris Y1 dikolom A= temperatur sebelum masuk baris Y1 dikolom A dikurangi temperatur yang sudah melewati baris Y1 dikolom A dimana temperatur yang belum masuk di kolom A ialah 70°C , dan temperatur yang telah melewati kolom A yaitu kolom B ialah $42,5^\circ\text{C}$ sehingga,

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{y1a} &= T_0 - T_1 \\
 &= 70^\circ\text{C} - 42,5^\circ\text{C} = 27,5^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Terakhir menghitung Δx_{y1a} maka jari jari *porous media* pada baris Y1 di bagi menjadi 3 kolom segingga untuk Δx = jari – jari total di bagi 3 (tiga)

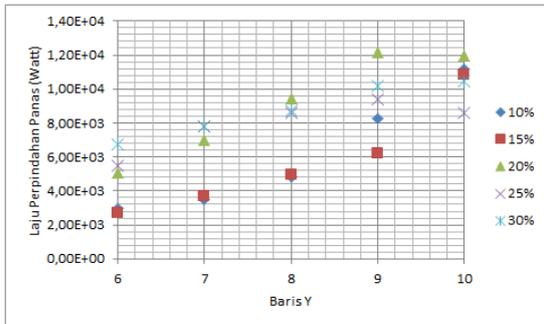
$$\begin{aligned}
 \Delta x_{y1a} &= r_{\text{total}} : 3 \\
 &= 0,25 \text{ m} : 3 = 0,00833\text{m}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk menghitung Q untuk porositas 10% pada baris Y1 dikolom A ialah

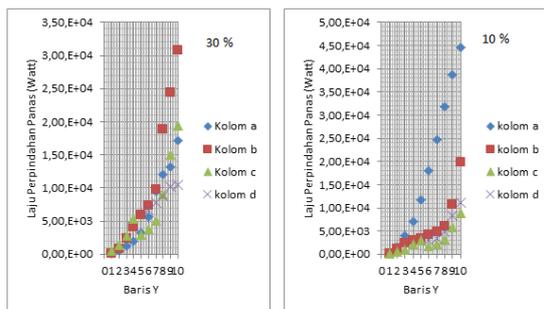
$$\begin{aligned}
 Q_{y1a} &= -K_{\text{eff}} \cdot A \frac{\Delta T_{y1a}}{\Delta x_{y1a}} \\
 &= 157,81 \times 0,000523 \times \frac{27,5}{0,00833} \\
 &= 2,72\text{E}+02 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Untuk paramater yang mempengaruhi nilai laju perpindahan panas ialah perbedaan temperatur pada setiap kolom pantau. Dimana perbedaan temperatur didapatkan dari temperatur kolom yang akan memasuki kolom yang dicari dan temperatur kolom sesudah melewati kolom yang ingin dicari perbedaan temperturnya. Jika dilihat dari perbedaan porositas, juga terdapat parameter yang mempengaruhi yaitu Konduktifitas termal

efektif. Apabila porositas semakin besar maka Konduktifitas termal efektif akan semakin mengecil yang akan mengakibatkan nilai laju perpindahan panasnya juga semakin kecil hal ini terlihat dari Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Laju perpindahan panas pada Kolom D



Gambar 7. Grafik Laju perpindahan panas pada Porositas 10% dan 30%

Jika dilihat kecenderungan grafik pada tiap porositas hampir sama. Pada baris Y10 memiliki nilai tertinggi dikarenakan memiliki nilai selisih (dT) paling tinggi, hal tersebut terjadi dikarenakan temperatur udara lingkungan 300K ($27^{\circ}C$) mengalami perpindahan panas langsung dengan *porous media*. Nilai dT semakin kecil diakibatkan oleh energi kalor yang dilepas besar diawal, tepatnya dikolom A dan ketika semakin menjauhi dari kolom A. Energi kalor yang dilepas akan semakin kecil, sehingga nilai temperaturnya akan semakin sama.

Apabila dilihat berdasarkan nilai porositas maka setiap kenaikan atau penurunan nilai porositas sangat berpengaruh terhadap temperatur yang terjadi disetiap titik pantau. Semakin besar nilai porositas maka akan menyebabkan semakin besar pula distribusi temperatur ditipi kolom pantau. Fenomena

yang terjadi pada data hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat kesamaan, yaitu “semakin besar nilai porositas dari *porous media* maka nilai distribusi temperaturnya juga semakin besar”. Hal tersebut terjadi juga didalam pendingin yang menggunakan *porous media*. Pada umumnya porositas 10 % yang berwarna biru pada grafik ini terletak paling bawah dibanding yang lain, diikuti porositas 15% yang disimbolkan warna merah. Selanjutnya yang paling dominan yaitu porositas 20% yang berwarna hijau, kemudian ungu dengan porositas 25%, dan terakhir berwarna biru laut dengan porositas 30%. Temperatur pada baris Y10 nilainya lebih kecil dibanding baris Y9, hal tersebut disebabkan karena baris Y10 berhubungan langsung dengan udara / temperatur ruang. Udara lingkungan bertemperatur 300 K ($27^{\circ}C$) yang mengalir langsung dan bersentuhan dengan dinding *porous media*, sehingga perpindahan panas langsung terjadi saat itu juga. Sebaliknya untuk baris Y9 bersentuhan dengan baris Y10 dan baris Y8, hal ini menyebabkan nilai baris Y10 lebih tinggi dibanding dengan baris Y9.

KESIMPULAN

Besaran nilai porositas berpengaruh terhadap distribusi temperatur dimana semakin besar nilai porositas maka akan semakin besar pula distribusi temperatur yang terjadi dan semakin besar porositas maka nilai Konduktifitas termal semakin kecil, nilai konduktifitas termal kecil menyebabkan laju perpindahan panasnya juga mengecil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anis Samsudin, Dkk. 2009. *Studi Eksperimen Pengaruh Alur Permukaan Sirip pada Sistem Pendingin Mesin Kendaraan Bermotor*. Jurnal Kompetensi Teknik. Unnes

[2] Budiyo 2006. *Studi Pengaruh Bentuk Sirip Pada Sistem Pendingin Mesin Kendaraan Bermotor*. Jurnal Kompetensi Teknik. Unnes

[3] Siswanto E, Katsurayama H, dan Katoh Y. 2011. *Instability on Condensate Propagation in Porous Media*, International Journal of Mechanics, NAUN, Issue 4, Vol. 5, hal. 327-335.

[4] Raed Abed Mahdi. 2015. *Review of convection heat transfer and fluid flow in*

- porous media with nanofluid*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 41(2015)715–734.
- [5] Horng Wen Wu.2016.*Heat transfer with natural convection of varying viscosity fluids inside porous media between vertically eccentric annuli*. International Journal of Heat and Mass Transfer 94 (2016) 145–155.