Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 13 No.2, Oktober 2024

Submitted: 01-09-2024
Revised: 15-09-2024
Accepted:01-10-2024
Published:30-10-2024

Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur terhadap Viskositas Coolant dalam Sistem Pendingin Sepeda Motor

Zein Muhamad, Gilang Prayoga , Riza Muhida, Muhammad Riza, Indra Surya, Kunarto, Bambang Pratowo, Harjono Saputro, Mulyana

[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: gilang.20321017t@student.ubl.ac.id

Abstrak. Mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) merupakan mesin yang mengubah energi kimia menjadi energi mekanik, dimana proses pembakaran dalam ruang bakar menghasilkan daya dan panas. Panas yang berlebihan dari proses ini dapat menyebabkan overheat dan berpotensi merusak komponen mesin. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang efektif, seperti radiator coolant, untuk menjaga suhu mesin tetap optimal. Viskositas coolant memiliki peran penting dalam proses penyerapan panas. Semakin tinggi suhu, viskositas coolant cenderung menurun, yang berdampak pada laju aliran fluida dan efektivitas transfer panas. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian viskositas coolant dengan menggunakan viskometer Rion VT-04F pada tiga suhu berbeda: 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan viskositas coolant, yang meningkatkan laju aliran dan efektivitas perpindahan panas. Hasil pengujian perpindahan panas menunjukkan bahwa pada suhu 70°C, konveksi memindahkan energi sebesar 461457 Btu/h, sedangkan pada suhu 90°C, energi yang dipindahkan meningkat menjadi 680157 Btu/h.

Kata kunci: mesin pembakaran, perubahan temperatur, viskositas, coolant, transfer panas.

1 Pendahuluan

Mesin pembakaran dalam bekerja dengan cara mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran di ruang bakar. Selain menghasilkan tenaga, proses ini juga menghasilkan panas yang dapat menimbulkan overheat jika tidak diatasi dengan sistem pendinginan yang memadai. Salah satu sistem pendingin yang umum digunakan adalah radiator coolant, yang bertugas menjaga suhu mesin dalam batas optimal. Pada sistem pendinginan, viskositas coolant berperan dalam penyerapan panas dan aliran fluida. Viskositas yang tinggi menyebabkan aliran fluida lebih lambat, yang dapat mengurangi efektivitas perpindahan panas.

Berdasarkan hukum viskositas Newton, viskositas suatu fluida dipengaruhi oleh perubahan suhu. Pada suhu tinggi, viskositas menurun, sehingga laju aliran fluida meningkat. Hal ini penting dalam konteks pendinginan mesin, karena laju aliran yang lebih tinggi dapat meningkatkan kemampuan fluida untuk menyerap dan memindahkan panas dari komponen mesin yang panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan suhu terhadap viskositas coolant dan bagaimana hal ini mempengaruhi efektivitas sistem pendingin.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Uraikan alat dan bahan yang digunakan. Alat dan bahan yang dipersiapkan yaitu sebagai berikut: viskometer rion vt - 04f, Thermocoupel, Stopwatch, Gelas Takar, Thermo Scientific CIMAREC Stirring hot plates.

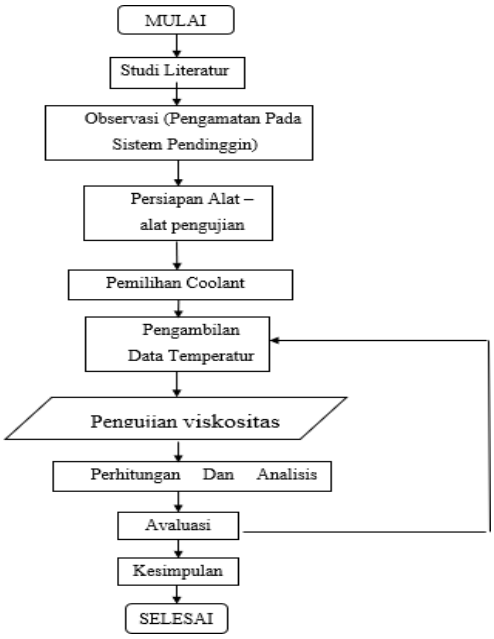
Bahan yang digunakan sebagai berikut: Coolant Premix
Jenis coolant Honda Pre-Mix yang digunakan dalam pengujian viskositas. Coolant ini dipilih karena memiliki spesifikasi yang sesuai untuk sistem pendingin sepeda motor, serta digunakan dalam berbagai suhu pengujian untuk menganalisis pengaruh perubahan temperatur terhadap viskositasnya.

2.2. Metode

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi viskometer Rion VT-04F, termokopel, stopwatch, gelas ukur, dan Thermo Scientific CIMAREC Stirring Hot Plates. Media yang digunakan adalah coolant merek Honda Pre-Mix dengan volume 800 ml.

Pengujian dilakukan dengan memanaskan coolant pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C, dan kemudian mengukur viskositasnya menggunakan viskometer. Selain itu, perpindahan panas dihitung dengan mengukur laju aliran coolant dan menghitung energi panas yang dipindahkan melalui konduksi dan konveksi.

2.4. Proses Fabrikasi



Gambar 1. Flowchart dari Pengendalian Kipas

Proses Pengendalian Kipas dalam Sistem Pendinginan Sepeda Motor. Menunjukkan tahapan dalam proses pengendalian kipas berdasarkan temperatur dan viskositas coolant. Setiap langkah menjelaskan alur kerja dari awal pengukuran hingga penyesuaian kipas untuk mengatur suhu mesin dan memastikan pendinginan yang optimal.

2.4. Langlah -Langkah Pengujian Viskositas

Pada pengujian viskositas coolant ini, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut. Pertama, alat-alat pengujian disiapkan, termasuk viskometer Rion VT-04F yang dipasang pada tiang penyangga untuk memastikan kestabilan. Selanjutnya, spindel dipasang pada viskometer sesuai dengan jenis pengujian. Thermo Scientific CIMAREC Stirring Hot Plates ditempatkan di bawah viskometer sebagai alat pemanas untuk menjaga suhu sampel selama pengujian. Setelah itu, gelas uji diisi dengan 125 ml coolant, lalu diletakkan di atas hot plates. Suhu hot plates diatur sesuai dengan pengujian, yaitu pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C.

Setelah suhu hot plates diatur, ketinggian viskometer disesuaikan sehingga spindel terendam dengan tepat di dalam sampel coolant. Untuk memonitor suhu secara akurat, sensor panas (termokopel) dipasang pada media uji. Setelah suhu yang diinginkan tercapai, viskometer dinyalakan, dan spindel mulai berputar di dalam sampel coolant.

Viskositas coolant kemudian dibaca pada layar indikator viskometer setelah proses stabil. Hasil pengukuran viskositas dicatat untuk setiap suhu yang diuji.

2.5. Metoda Pengujian Viskos

Metode pengujian viskositas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan coolant merek Honda Pre-Mix sebanyak 125 ml. Pengujian dilakukan pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Alat yang digunakan untuk mengukur viskositas adalah viskometer Rion VT-04F, yang merupakan alat khusus untuk mengukur kekentalan (viskositas) fluida pada berbagai suhu. Setiap pengujian dilakukan selama 60 menit, dengan pengukuran viskositas yang dilakukan pada interval waktu yang tetap. Coolant ditempatkan dalam gelas uji yang diletakkan di atas Thermo Scientific CIMAREC Stirring Hot Plates, yang digunakan untuk menjaga suhu tetap stabil selama pengujian berlangsung. Suhu media uji dipantau menggunakan termokopel untuk memastikan akurasi. Setelah suhu yang diinginkan tercapai, viskometer dinyalakan, dan viskositas coolant diukur sesuai dengan pergerakan spindel di dalam sampel. Hasil viskositas di setiap suhu kemudian dicatat untuk dianalisis lebih lanjut.



Gambar 2 Volume Coolant yang Digunakan dalam Pengujian
Gambar ini menunjukkan jumlah coolant Honda Pre-Mix yang digunakan dalam pengujian viskositas, dengan volume sebesar 125 ml pada setiap percobaan. Volume ini dipilih untuk memastikan konsistensi pengukuran viskositas pada berbagai suhu pengujian.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa viskositas coolant menurun seiring dengan peningkatan suhu. Pada suhu 27,8°C, viskositas coolant tercatat sebesar 0,35 dPa.s, sementara pada suhu 70°C dan 90°C masing-masing tercatat sebesar 0,275 dPa.s dan

0,25 dPa.s. Penurunan viskositas ini berimplikasi pada peningkatan laju aliran fluida, yang meningkatkan kemampuan coolant untuk menyerap dan memindahkan panas.

Perhitungan perpindahan panas melalui konduksi menunjukkan bahwa pada suhu 70°C, energi panas yang dipindahkan adalah sebesar 461457 Btu/h, sedangkan pada suhu 90°C, energi yang dipindahkan meningkat menjadi 680157 Btu/h. Pada perpindahan panas gabungan (konduksi dan konveksi), energi panas yang dipindahkan mencapai 543362 Btu/h.

3.1. Pengukuran Debit Alir Coolant pada Radiator

Diket aliran dapat di ukur dengan rumus
Perhitungan Debit

$$Q = \frac{v}{t} \quad (1)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran m^3/s
v = 101 ml $\rightarrow$ 0,000101 m^3
t = 15,82 s

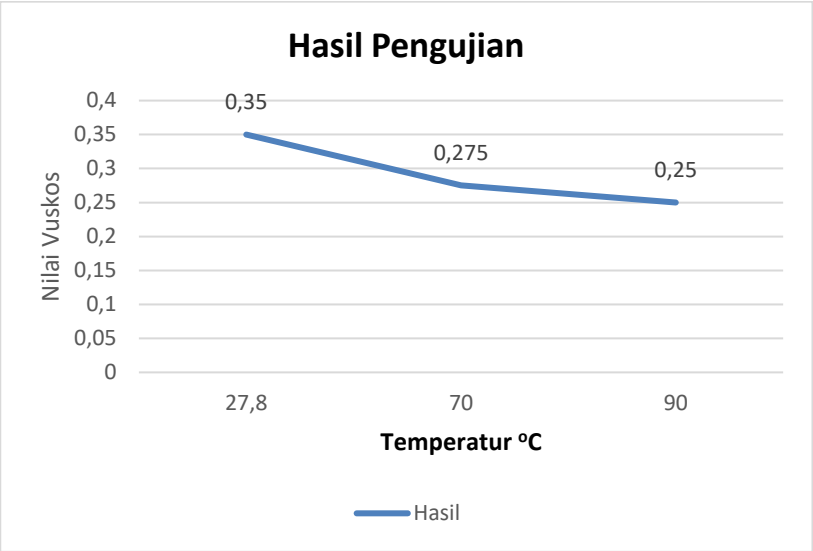
$$Q = \frac{0{,}000101}{15{,}82}$$

$= 6{,}384\ m^3/s$

Tabel 1 Hasil Dari Pengujian Selama 60 Menit

No	Media	Temperatur	Hasil
1	Honda Pre - Mix	27,8^{o}C	0,35 dpa.s
2	Honda Pre - Mix	70^{o}C	0,275 dpa.s
3	Honda Pre - Mix	90^{o}C	0,25 dpa.s

Tabel ini menunjukkan hasil pengujian viskositas coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C selama 60 menit. Viskositas menurun seiring dengan peningkatan suhu, yaitu dari 0,35 dPa.s pada 27,8°C, menjadi 0,275 dPa.s pada 70°C, dan 0,25 dPa.s pada 90°C. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan viskositas, yang berpengaruh pada performa sistem pendingin.

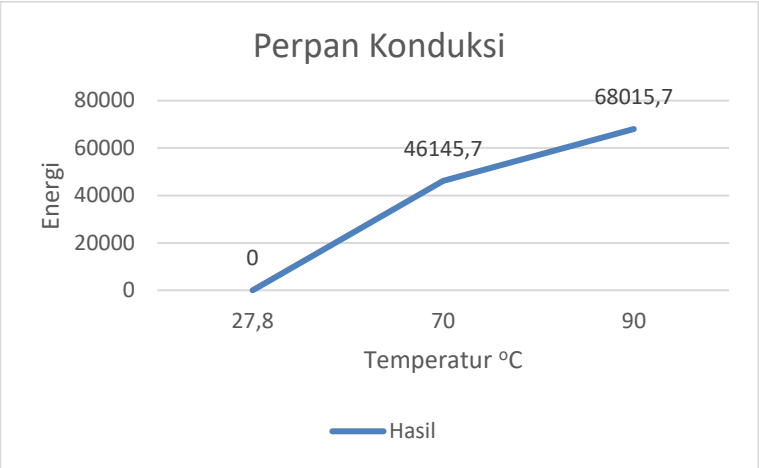


Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Viskos

Grafik ini menggambarkan perubahan viskositas coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Terlihat bahwa viskositas menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan suhu, dari 0,35 dPa.s pada 27,8°C menjadi 0,25 dPa.s pada 90°C. Penurunan viskositas ini mempengaruhi efektivitas coolant dalam menyerap dan memindahkan panas.

3.2. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi terjadi ketika panas bergerak melalui suatu material padat tanpa adanya pergerakan dari material tersebut. Dalam penelitian ini, perpindahan panas konduksi pada coolant Honda Pre-Mix diukur pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 27,8°C, tidak ada perpindahan panas yang signifikan (0 Btu/h), namun pada suhu 70°C dan 90°C, perpindahan panas meningkat secara drastis, masing-masing mencapai 461457 Btu/h dan 680157 Btu/h. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan peningkatan laju perpindahan panas melalui konduksi, yang mengindikasikan bahwa coolant lebih efektif dalam mentransfer panas pada suhu yang lebih tinggi.

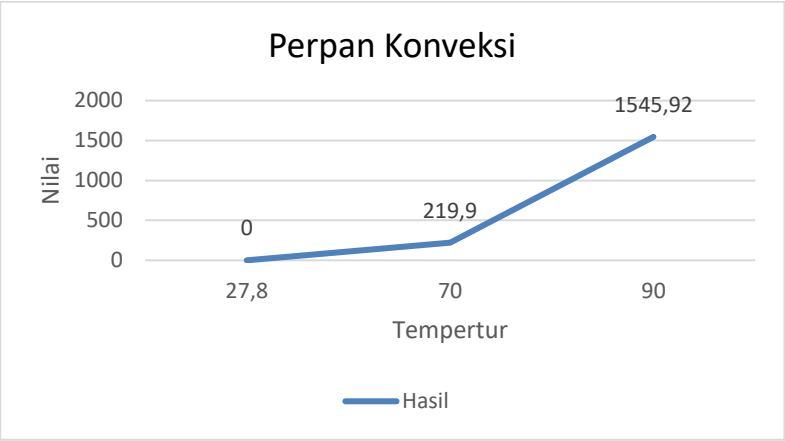


Gambar 5. Perpindahan Panas Konduksi

Grafik ini menunjukkan laju perpindahan panas konduksi pada coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Terlihat bahwa perpindahan panas meningkat signifikan seiring dengan kenaikan suhu, dari 0 Btu/h pada 27,8°C menjadi 461457 Btu/h pada 70°C, dan 680157 Btu/h pada 90°C. Hal ini menunjukkan bahwa konduksi panas lebih efektif pada suhu yang lebih tinggi.

3.3. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi ketika panas dipindahkan melalui fluida (cair atau gas) yang bergerak. Pada penelitian ini, perpindahan panas konveksi pada coolant Honda Pre-Mix diukur pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 27,8°C, tidak terjadi perpindahan panas yang signifikan (0 Btu/h). Namun, pada suhu 70°C, perpindahan panas meningkat menjadi 219,9 Btu/h, dan pada suhu 90°C, mencapai 1545,92 Btu/h. Peningkatan perpindahan panas ini disebabkan oleh penurunan viskositas coolant pada suhu yang lebih tinggi, yang memungkinkan fluida bergerak lebih cepat dan lebih efektif dalam menyerap serta mentransfer panas. Hasil ini mengindikasikan bahwa perpindahan panas konveksi menjadi lebih efisien seiring dengan meningkatnya suhu, yang mempercepat laju aliran fluida dan meningkatkan kapasitas pendinginan coolant.

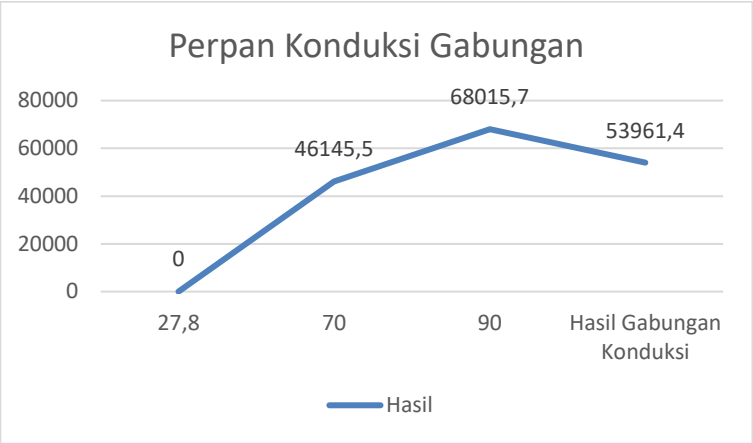


Gambar 6. Grafik Perpindahan Konveksi pada Berbagai Suhu

Grafik ini menampilkan laju perpindahan panas konveksi pada coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Terlihat bahwa laju perpindahan panas meningkat dari 0 Btu/h pada 27,8°C menjadi 219,9 Btu/h pada 70°C, dan 1545,92 Btu/h pada 90°C. Peningkatan ini menunjukkan bahwa perpindahan panas secara konveksi menjadi lebih efisien seiring dengan kenaikan suhu, terutama karena penurunan viskositas yang mempercepat laju aliran fluida.

3.4. Perpindahan Panas Gabungan Konduksi

Perpindahan panas gabungan konduksi mengacu pada kombinasi dari beberapa mekanisme perpindahan panas yang bekerja secara simultan, yaitu konduksi dan konveksi. Pada penelitian ini, perpindahan panas gabungan dihitung pada tiga suhu berbeda: 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 27,8°C, laju perpindahan panas gabungan konduksi tidak signifikan (0 Btu/h), namun pada suhu 70°C, laju perpindahan panas meningkat drastis menjadi 46145,7 Btu/h, dan pada suhu 90°C, nilai tersebut semakin besar, yaitu mencapai 68015,7 Btu/h. Hasil ini menunjukkan bahwa perpindahan panas melalui mekanisme gabungan konduksi menjadi lebih efektif seiring dengan meningkatnya suhu. Peningkatan suhu menyebabkan viskositas coolant menurun, yang berdampak pada peningkatan laju aliran fluida, sehingga meningkatkan efisiensi perpindahan panas baik melalui dinding (konduksi) maupun melalui fluida (konveksi). Gabungan kedua mekanisme ini menghasilkan perpindahan panas yang lebih optimal dalam menjaga suhu mesin tetap stabil.



Gambar 7. Grafik Konduksi Gabungan Konduksi

Grafik ini menunjukkan laju perpindahan panas gabungan konduksi pada coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 70°C, laju perpindahan panas tercatat sebesar 46145,7 Btu/h, dan pada suhu 90°C, meningkat menjadi 68015,7 Btu/h. Peningkatan ini menunjukkan bahwa perpindahan panas melalui gabungan mekanisme konduksi semakin efektif dengan meningkatnya suhu, mendukung performa sistem pendinginan pada suhu yang lebih tinggi.

3.5. Perpindahan Panas Gabungan Konveksi

Perpindahan panas gabungan konveksi terjadi ketika mekanisme perpindahan panas melalui konveksi diperkuat oleh mekanisme tambahan, seperti pergerakan fluida dan interaksi dengan dinding yang panas. Dalam penelitian ini, perpindahan panas gabungan konveksi pada coolant Honda Pre-Mix diukur pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 27,8°C, tidak ada perpindahan panas yang signifikan (0 Btu/h). Namun, pada suhu 70°C, laju perpindahan panas meningkat menjadi 219,9 Btu/h, dan pada suhu 90°C, mencapai 1545,9 Btu/h. Nilai perpindahan panas gabungan ini menunjukkan peningkatan efisiensi perpindahan panas melalui fluida seiring dengan meningkatnya suhu. Hal ini disebabkan oleh penurunan viskositas coolant pada suhu yang lebih tinggi, yang memungkinkan fluida mengalir lebih cepat dan mempercepat proses transfer panas dari dinding ke fluida. Dengan demikian, perpindahan panas gabungan konveksi semakin efektif pada suhu yang lebih tinggi, berperan penting dalam menjaga performa pendinginan mesin.

$$q_{Total} = q_1 + q_2 + q_3 + \cdots . + q_n \quad (2)$$

Keterangan :

q_{Total} = Koefisien perpindahan panas keseluruhan Btu/h ft^2 ^{o}F

q_1 = Masing – masing hasil dari perpindahan panas Konduksi Btu/h ft^2 ^{o}F

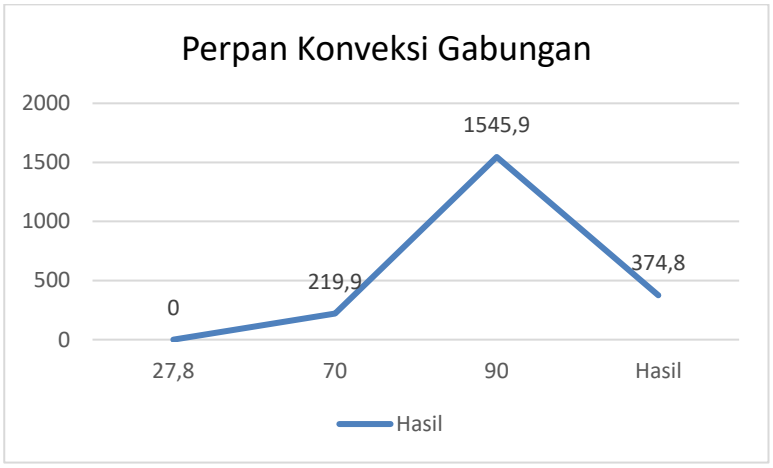
q_2 = Masing – masing hasil dari perpindahan panas Konduksi Btu/h ft^2 ^{o}F

q_n = Jumlah perpindahan panas Konduksi

Penyelesain :

$$q_{Total} = 0 + 219{,}9 + 154{,}9 \quad (3)$$

$$= 374{,}8 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^o\text{F}$$



Gambar 8. Grafik Konveksi Gabungan Konveksi

Total laju perpindahan Konveksi yang dapat di pindahkan dari permukan dinding ke media coolant sebesar 374,8 Btu/h ft^2 ^{o}F. berati setiap jam energi yang dapat di pindahkan sebesar 374,8 Btu/h.

3.6. Perpindahan Panas Gabungan Konduksi Dan Serta Konveksi

Perpindahan panas gabungan melalui mekanisme konduksi dan konveksi terjadi ketika panas dipindahkan melalui dinding padat (konduksi) dan kemudian diteruskan oleh fluida (konveksi). Dalam penelitian ini, perpindahan panas gabungan konduksi dan konveksi pada coolant Honda Pre-Mix diukur pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 27,8°C, tidak ada perpindahan panas yang signifikan, dengan laju perpindahan panas sebesar 0 Btu/h. Namun, pada suhu 70°C, total laju perpindahan panas gabungan mencapai 539614 Btu/h, dan pada suhu 90°C, meningkat menjadi 543362 Btu/h.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa perpindahan panas melalui kedua mekanisme menjadi semakin efisien seiring dengan kenaikan suhu. Pada suhu yang lebih tinggi, viskositas coolant menurun, yang meningkatkan laju aliran fluida dan mempercepat transfer panas dari dinding ke fluida. Oleh karena itu, perpindahan panas gabungan konduksi dan konveksi memainkan peran penting dalam menjaga suhu mesin pada kondisi optimal, terutama pada suhu tinggi yang memerlukan penyerapan panas lebih cepat dan lebih efisien.

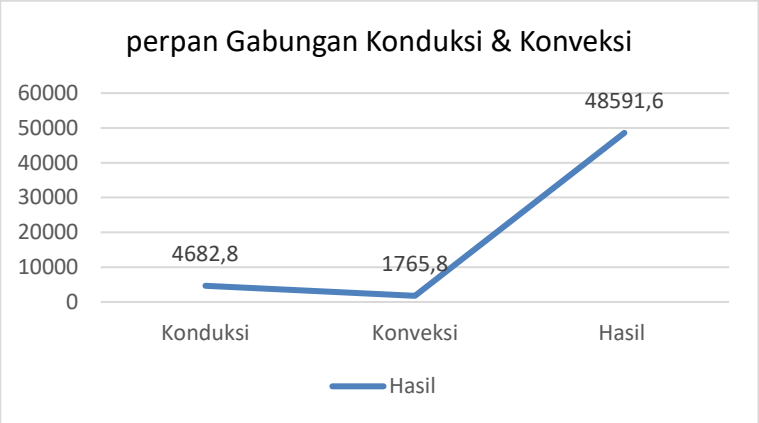
$$q_{total} = +q_{konduksi} + q_{koncveksi} \ldots\ldots + q_n \quad (4)$$

Keterangan :

q_{total} = Koefisien perpindahan panas keseluruhan Btu/h ft^2 ^{o}F
$q_{konduksi}$ = 53961,4 Btu/h ft^2 ^{o}F
$q_{konveksi}$ = 374,8 Btu/h ft^2 ^{o}F

Penyelesain :

$$q_{total} = 53961{,}4 + 374{,}8$$
$$= 54336{,}2 \text{ Btu/h ft2 } ^o\text{F}$$



Gambar 9. Grafik Konduksi dan Konveksi

Grafik ini menunjukkan total laju perpindahan panas gabungan konduksi dan konveksi pada coolant Honda Pre-Mix pada suhu 27,8°C, 70°C, dan 90°C. Pada suhu 70°C, laju perpindahan panas tercatat sebesar 539614 Btu/h, dan meningkat menjadi 543362 Btu/h pada suhu 90°C. Peningkatan ini menggambarkan bahwa perpindahan panas menjadi lebih efisien seiring dengan meningkatnya suhu, memaksimalkan performa sistem pendinginan melalui kombinasi mekanisme konduksi dan konveksi.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa viskositas coolant Honda Pre-Mix dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan suhu. Semakin tinggi suhu, viskositas coolant menurun, yang mengakibatkan peningkatan laju aliran fluida. Pada suhu rendah (27,8°C), viskositas coolant tercatat sebesar 0,35 dPa.s, sedangkan pada suhu 70°C dan 90°C viskositasnya menurun masing-masing menjadi 0,275 dPa.s dan 0,25 dPa.s. Penurunan viskositas ini secara langsung mempengaruhi efisiensi perpindahan panas baik melalui konduksi maupun konveksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perpindahan panas konduksi meningkat seiring dengan kenaikan suhu, mencapai 680157 Btu/h pada suhu 90°C. Demikian pula, perpindahan panas konveksi mencapai nilai tertinggi sebesar 1545,92 Btu/h pada suhu yang sama.

Perpindahan panas gabungan melalui konduksi dan konveksi menunjukkan efisiensi tertinggi pada suhu 90°C, dengan total laju perpindahan panas sebesar 543362 Btu/h. Hasil ini mengindikasikan bahwa coolant dengan viskositas yang lebih rendah pada suhu tinggi lebih efektif dalam meningkatkan performa sistem pendinginan mesin, karena memungkinkan perpindahan panas yang lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, penurunan viskositas pada suhu tinggi berperan penting dalam optimalisasi sistem pendinginan kendaraan bermotor, khususnya pada kondisi operasi yang menghasilkan panas berlebih.

References

1. B. R. Munson, D. F. Young, and T. H. Okiishi, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 5th ed. New York: Wiley, 2006.
2. J. P. Holman, *Heat Transfer*, 10th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
3. S. Kakac and H. Liu, *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2002.
4. R. Byron Bird, W. E. Stewart, and E. N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, 2nd ed. New York: Wiley, 2002.
5. F. Kreith, *Principles of Heat Transfer*, 7th ed. Stamford: Cengage Learning, 2011.
6. H. S. Carslaw and J. C. Jaeger, *Conduction of Heat in Solids*, 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1959.
7. W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett, and Y. I. Cho, *Handbook of Heat Transfer*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
8. S. Bejan, *Convection Heat Transfer*, 4th ed. Hoboken: Wiley, 2013.
9. V. L. Streeter, E. B. Wylie, and K. W. Bedford, *Fluid Mechanics*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
10. R. C. Hibbeler, *Fluid Mechanics in SI Units*, 1st ed. New York: Pearson, 2017