

PENGARUH TEMPERATUR FLUIDA MASUK TERHADAP KAPASITAS PENUKAR PANAS JENIS PEMBULUH DAN KAWAT PADA KONVEKSI BEBAS

Dhanurendra Priambodo Agung

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

dhanurendra@yahoo.com

I Made Arsana

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

dearsana67@yahoo.com

Abstrak

Alat penukar panas jenis pembuluh dan kawat yang terdiri atas pembuluh yang dibuat berlekuk – lekuk (*coil*) dan kawat yang di pasang pada kedua sisi pembuluh dalam arah normal. Penambahan kawat berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan perpindahan panas dan selanjutnya akan memperbesar laju perpindahan panas dan memperkuat konfigurasi pembuluh. Kapasitas penukar panas akan dipengaruhi oleh temperatur fluida masuk yang akan melewati penukar panas tersebut dalam keadaan konveksi bebas. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh temperatur fluida masuk terhadap kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat pada konveksi bebas.

Penelitian ini menggunakan sebuah penukar panas jenis pembuluh dan kawat dengan panjang kawat 445 mm, pitch kawat 7 mm, diameter kawat 1,2 mm, panjang tube 6416 mm, pitch tube 40 mm, diameter tube 5 mm, lebar kawat 431mm, lebar tube 476 mm dan dibuat tiga variasi temperatur fluida masuk penukar panas yaitu 50°C, 60°C dan 70°C dengan temperatur ruangan di jaga konstan 30°C dan temperatur fluida 0,006 kg/s serta menggunakan oli termo 22, data yang diperoleh dari penelitian dikaji secara eksperimental yang kemudian dianalisis secara deskriptif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur fluida masuk berpengaruh terhadap kapasitas penukar panas, hal ini terbukti bahwa dengan temperatur fluida tinggi 70°C, akan menghasilkan kapasitas penukar panas yang paling baik yaitu 24 watt pada keadaan konveksi bebas.

Kata kunci : kapasitas penukar panas, konveksi bebas, temperatur fluida masuk

Abstract

Heat exchanger tubes and wires consisting of vessels made grooved - curves (*coil*) wire and mounted on both sides of the vessels in the normal direction. The addition of wire serves to increase the heat transfer surface area and will further increase the heat transfer rate and strengthen the vessel configuration. The capacity of the heat exchanger will be influenced by the temperature of incoming fluid will pass through the heat exchanger is in a state of free convection. To that end, the purpose of this study was to determine how the incoming fluid temperature influence on the capacity of the heat exchanger tubes and wires on the types of free convection.

This study uses a heat exchanger tubes and wires with wire length 445 mm, 7 mm wire pitch, wire diameter 1.2 mm, length 6416 mm tube, tube pitch 40 mm, 5 mm diameter tube, wire width 431mm, width of tube 476 mm and made three variations of incoming heat exchanger fluid temperature is 50 ° C, 60 ° C and 70 ° C to keep the room temperature at a constant 30 ° C and fluid flow rate 0.006 kg / s and using thermo oil 22, the data obtained from the study studied experimentally and then analyzed descriptively.

The results of this study indicate that the incoming fluid temperature effect on the capacity of the heat exchanger, it is evident that the high fluid temperature 70 ° C, will generate the most heat exchanger capacity is either 24 watts on the state of free convection.

Keywords: heat exchanger capacity, free convection, fluid temperature log

PENDAHULUAN

Alat penukar panas merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mempertukarkan energi dalam bentuk panas antara aliran fluida yang

berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung (Arsana, 2001). Penukar panas merupakan salah satu alat penukar panas pada suatu sistem refrigerasi yang berfungsi

untuk melepaskan panas ke udara sekeliling. Penukar panas ini biasanya terletak pada bagian belakang refrigerasi model lama dan merupakan susunan kawat dan pembuluh (*tube*) yang bersinggungan langsung dengan udara sekeliling sehingga panas dapat mengalir. Dari sisi geometri kawat (*wire*) yang dilekatkan pada tube berfungsi sebagai sirip untuk memperluas penampang demi meningkatkan proses perpindahan panas. Selain itu secara mekanis kawat berfungsi untuk memperkuat konfigurasi *tube* yang dibuat berlekuk-lekuk. Sedangkan pada kondisi konveksi bebas bertujuan sebagai pendinginan pada sistem penukar panas jenis pembuluh dan kawat ini. Keunggulan menggunakan konveksi bebas yaitu dapat menghemat biaya operasi penukar panas jenis pembuluh dan kawat.

Faktor lain yang mempengaruhi kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat adalah temperatur fluida masuk. Dimana faktor ini diambil dari kondisi operasi dari alat penukar panas. Ada dua kondisi operasi yang terjadi pada alat ini. Kondisi operasi tersebut adalah temperatur fluida masuk itu sendiri dan temperatur masa. Besar kecilnya temperatur fluida masuk sangat berpengaruh pada proses penukar panas jenis pembuluh dan kawat. Sebelum fluida masuk ke penukar panas, temperatur fluida masuk akan mengalami beberapa tingkatan temperatur. Tingkatan temperatur tersebut bisa dilakukan mulai suhu tertentu sampai suhu yang telah ditentukan. Suhu fluida disini tidak boleh terlalu panas melebihi suhu batas fluida oli karena dapat menyebabkan oksidasi. Setelah keadaan *steady* pada tingkatan temperatur tertentu. Fluida didalam pembuluh siap melewati penukar panas. Dari hasil penukar panas tersebut akan diperoleh data pada suhu berapa yang paling efektif yang dapat menukarkan panas pada penukaran panas tersebut.

Penukar panas ini telah digunakan secara luas untuk membuang panas dari fluida panas yang mengalir melalui pembuluh baik sebagai penukar panas pada alat sistem refrigerasi (Lemari es) untuk

mengkondensasi fluida yang mengalir pada pembuluh atau diaplikasikan hanya sebagai pendingin (*Coller*) fluida yang mengalir dalam pembuluh tanpa terjadi perubahan phase (Tanda and Tagliafico, 1997).

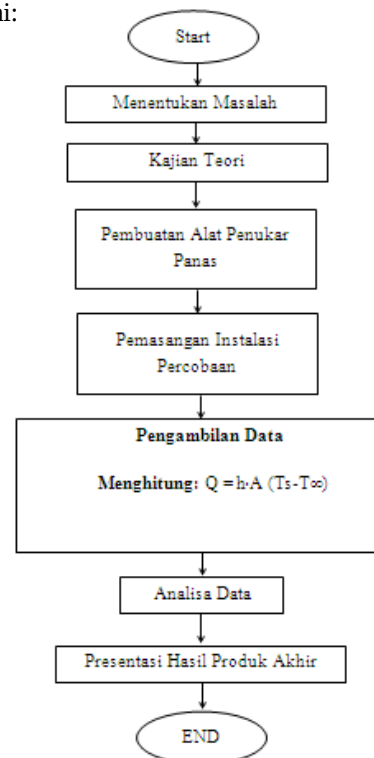
Dari latar belakang diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah bagaimana pengaruh temperatur fluida masuk terhadap kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat pada konveksi bebas.

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini menganalisis pengaruh temperatur fluida masuk terhadap kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat pada konveksi bebas.

Adapun Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai masukan dalam perancangan penukar panas jenis pembuluh dan kawat dan menambah wacana keilmuan bidang perpindahan panas pada umumnya, dan penukar panas pada khususnya.

METODE

Rancangan Penelitian atau tahap-tahap yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada skema dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

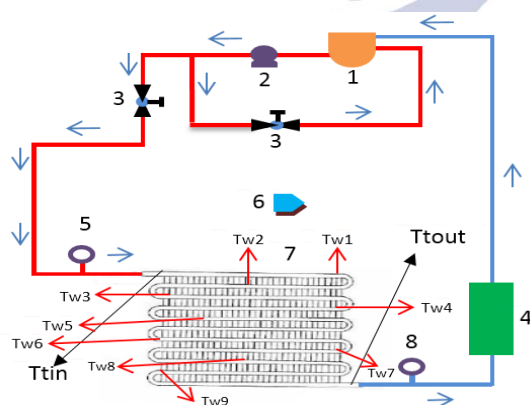
Tempat penelitian adalah tempat yang digunakan untuk melaksanakan penelitian. Penelitian ini berlokasi di laboratorium perpindahan panas di Kampus ITS Surabaya, sedangkan waktu penelitian adalah rentang waktu yang digunakan oleh peneliti selama penelitian berlangsung, mulai dari tahap persiapan sampai pada penyusunan laporan. Adapun waktu yang di perlukan untuk penelitian sampai pengolahan data dan penyusunan laporan adalah selama 5 bulan

Jenis Penelitian

Penelitian yang kami lakukan adalah dengan menggunakan penelitian eksperimen, penelitian eksperimen yaitu dimana penelitian dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan treatment (perlakuan tertentu) terhadap subjek penelitian guna mendapatkan suatu kejadian atau keadaan yang akan diteliti, dan mencatat sekaligus menganalisa bagaimana pengaruhnya. Dalam hal ini, yaitu untuk mengetahui pengaruh temperatur fluida yang masuk terhadap kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat.

Peralatan Eksperimen

Untuk mengetahui proses pengambilan data, maka disusun peralatan yang secara skematis disajikan dalam



gambar 2 dibawah ini.

Gambar 2. Skema instalasi pengujian

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Tangki Fluida Panas | 5. Pengukur Tekanan |
| 2. Pompa Fluida Panas | 6. Thermometer Ruang |
| 3. Katub | 7. Penukar Panas |

4. Flow meter

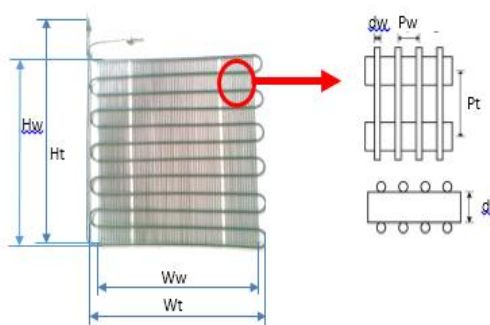
8. Pengukur Tekanan

T_w = thermocouple untuk kawat

Fungsi komponen :

- Tangki fluida panas, sebagai penampung dan memanaskan fluida sebelum dialirkan.
- Pompa fluida panas, untuk mensirkulasikan aliran fluida.
- Katup, untuk mengatur temperatur massa (mass flow rate)
- Flow meter, untuk mengukur temperatur massa fluida yang mengalir
- Pengukur tekanan, untuk mengetahui tekanan fluida yang masuk dalam pipa.
- Termometer, untuk mengukur temperatur ruangan (T_∞)
- Alat penukar panas jenis pembuluh dan kawat (Heat Exchanger).
- Pengukur tekanan, untuk mengetahui tekanan fluida yang masuk dalam pipa

Rancangan penukar panas



Gambar 3. Rancangan penukar panas

Keterangan gambar :

- | | |
|-------|-------------------------------|
| H_t | = Tinggi Tube (pipa) = 515 mm |
| H_w | = Tinggi Kawat = 445 mm |
| d_w | = Diameter Kawat = 1,2 mm |
| d_t | = Diameter Tube = 5 mm |
| W_w | = Lebar kawat = 431 mm |
| W_t | = Lebar Tube = 476 mm |
| P_w | = Jarak Antar Kawat = 7 mm |
| P_t | = Jarak Antar Tube = 40 mm |

Teknik Pengumpulan Data

Untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari temperatur fluida masuk terhadap kapasitas penukar panas, dilakukan langkah-langkah percobaan sebagai berikut :

- Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan termasuk rancangan penukar panas jenis pembuluh dan kawat.
- Memasang peralatan dengan menggunakan penukar panas jenis pembuluh dan kawat.
- Minyak dimasukkan ke dalam tangki thermostatic.
- Menghidupkan pompa untuk mengalirkan fluida dalam keadaan dingin dengan temperatur tertentu untuk mengecek kebocoran, selanjutnya pompa dimatikan.
- Memanaskan minyak dengan menghidupkan pemanas pada tangki thermostatic.
- Pompa dihidupkan untuk mengalirkan fluida dalam keadaan panas.
- Mengatur temperatur fluida sebesar 50°C pada tangki thermostatic untuk memperoleh temperatur fluida masuk penukar panas (T_{in}) tertentu dan menunggu sampai keadaan steady, selanjutnya dilakukan pengambilan data : Temperatur fluida masuk (T_{in}); temperatur fluida keluar (T_{out}); temperatur kawat rata-rata (T_w); temperatur udara luar (T_{∞}).
- Melakukan langkah 7 dengan menaikkan temperatur fluida per 10°C dalam tangki thermostatic untuk memperoleh titik kondisi operasi.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, peneliti menganalisa data dengan menggunakan metode analisa deskriptif. Karena data-data bersifat kuantitatif yang berwujud angka-angka dari hasil pengambilan data, maka data tersebut disajikan dalam bentuk tabel kemudian diartikan dengan kalimat yang bersifat kualitatif.

Tujuan dari metode ini adalah untuk membuat deskripsi gambaran atau lukisan secara sistematis atau

hubungan fenomena yang diselidiki berdasarkan data yang diperoleh dalam pengujian tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan temperatur fluida masuk dalam rancangan penukar panas. yaitu pada temperatur fluida masuk 50°C, 60°C dan 70°C dan temperatur udara kamar $T_{\infty} = 30^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 1 atm dengan temperatur fluida 46 pph = 0,006 kg/s, pengambilan data dilakukan 3 kali dengan selang waktu 5 menit setiap pengambilan data, berikut adalah hasil rata-rata dari pengambilan data yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Hasil pengambilan data

	50°C	60°C	70°C
Tw1	44	54	65
Tw2	40	47	50
Tw3	40	46	50
Tw4	39	45	48
Tw5	37	43	46
Tw6	37	43	45
Tw7	36	41	41
Tw8	35	40	41
Tw9	35	40	40
Tout	37	43	42

Menentukan propertis udara (fluida pendingin)

Mencari nilai propertis udara yang meliputi: Densitiy (ρ), Viskositas kinematic (ν), Prandtl (Pr), Konduktifitas panas (K), dan Difusivitas panas (α) pada setiap T_{out} dengan cara melakukan interpolasi dari tabel A4 Thermophysical Sifat Gas pada Tekanan Udara. (Incropera 2007:997), kemudian nilai – nilai tersebut akan digunakan untuk menganalisis Bilangan Grasoft (Gr), Bilangan Rayleigh (Ra), dan Angka Nusselt (Nu).

Menentukan kapasitas penukar panas (Q)

Setelah nilai h dan A diketahui, selanjutnya nilai Q dapat diketahui dengan rumus $Q = h.A (T_s - T_{\infty}) \dots\dots (1)$

- Mencari Q pada suhu fluida masuk 50°C

Diketahui : $h = 3,641 \text{ w/m}^2.\text{K}$

$A = 0,324 \text{ m}^2$

$$T_s = \frac{T_{w1} + T_{w2} + T_{w3} + T_{w4} + T_{w5} + T_{w6} + T_{w7} + T_{w8} + T_{w9}}{9}$$

$$= 38^\circ\text{C} + 273 = 311\text{K}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C} + 273 = 303\text{K}$$

Ditanya : $q = h.A.(T_s - T_\infty)$

$$= 3,641 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 8\text{K}$$

$$= 9 \text{ watt}$$

- Mencari Q pada suhu fluida masuk 60°C

Diketahui : $h = 4,122 \text{ w/m}^2.\text{K}$

$A = 0,324 \text{ m}^2$

$$T_s = \frac{T_{w1} + T_{w2} + T_{w3} + T_{w4} + T_{w5} + T_{w6} + T_{w7} + T_{w8} + T_{w9}}{9}$$

$$= 44^\circ\text{C} + 273 = 317\text{K}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C} + 273 = 303\text{K}$$

Ditanya : $q = h.A.(T_s - T_\infty)$

$$= 4,122 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 14\text{K}$$

$$= 19 \text{ watt}$$

- Mencari Q pada suhu fluida masuk 70°C

Diketahui : $h = 4,326 \text{ w/m}^2.\text{K}$

$A = 0,324 \text{ m}^2$

$$T_s = \frac{T_{w1} + T_{w2} + T_{w3} + T_{w4} + T_{w5} + T_{w6} + T_{w7} + T_{w8} + T_{w9}}{9}$$

$$= 47^\circ\text{C} + 273 = 320\text{K}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C} + 273 = 303\text{K}$$

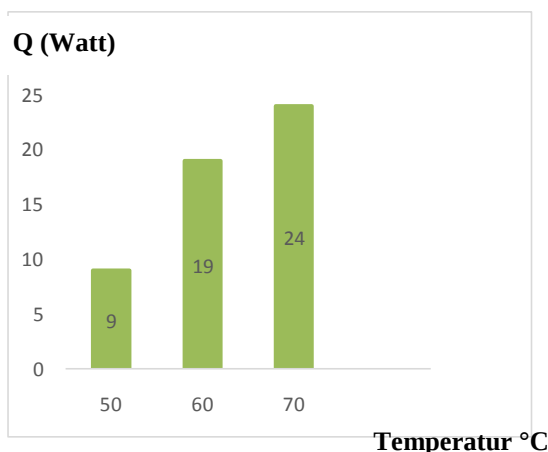
Ditanya : $q = h.A.(T_s - T_\infty)$

$$= 4,326 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 17\text{K}$$

$$= 24 \text{ watt}$$

Jadi penukar panas yang paling baik menukarkan panas yaitu pada temperatur 70°C dengan kapasitas penukar panas sebesar 24 watt.

Dari perhitungan kapasitas penukar panas diatas, maka dapat digambarkan sebuah grafik pengaruh temperatur fluida masuk terhadap kapasitas penukar panas dari penukar panas jenis pembuluh dan kawat sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Penukar Panas

Berdasarkan grafik diatas, terlihat kecenderungan kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat (Q) meningkat seiring dengan kenaikan temperatur fluida masuk (T). Pada awalnya temperatur fluida masuk ditentukan sebesar 50°C, ternyata menghasilkan kapasitas penukar panas hanya sebesar 9 watt, kemudian temperatur fluida masuk dinaikkan 10°C menjadi 60°C menghasilkan kapasitas penukar panas sebesar 19 watt. Terakhir temperatur fluida masuk dinaikkan lagi sebesar 10°C menjadi 70°C ternyata menghasilkan kapasitas penukar panas yang paling tinggi yaitu sebesar 24 watt. Hal ini terjadi karena pada temperatur fluida masuk yang bersuhu tinggi yaitu 70°C terjadi proses pertukaran panas dengan temperatur udara luar dengan perbedaan suhu yang cukup besar, sehingga terjadinya proses pertukaran panas antara temperatur fluida masuk dengan temperatur udara luar akan lebih baik. Sedangkan pada temperatur 50°C, proses pertukaran panas antara temperatur fluida masuk dengan temperatur udara luar terjadi kurang maksimal, disebabkan karena selisih perbedaan temperatur fluida masuk 50°C dengan temperatur udara luar lebih kecil. Hal ini sesuai dengan aplikasi rumus $Q = h.A.(\Delta T)$ dimana dengan meningkatnya temperatur fluida masuk maka perbedaan temperatur (ΔT) akan semakin besar sehingga kapasitas penukar panas akan semakin tinggi.

KUTIPAN DAN ACUAN

Alat penukar panas merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mempertukarkan energi dalam bentuk panas antara aliran fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung (Pitts and Sissom, 1987). Salah satu aplikasi dari prinsip pertukaran panas adalah pada penukar panas jenis pembuluh dan kawat (*Wire and tube exchanger*). Penukar panas ini termasuk jenis penukar panas permukaan diperluas (*Extended surface*) dimana kawat yang berfungsi sebagai *fin* dipasang lekat pada pembuluh yang mengalirkan fluida panas dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan perpindahan panas dan selanjutnya akan memperbesar laju perpindahan panas.

Perpindahan panas merupakan peristiwa mengalirnya energi dari suatu tempat ke tempat yang lain sebagai akibat perbedaan temperatur antara tempat-tempat tersebut. Terdapat 3 macam cara perpindahan panas yaitu, konduksi (Hantaran), konveksi (Singgungan), dan radiasi (Pancaran). (Frenk Kreith dan Arka Prijono 1991:4). Sering kali pada suatu keadaan, ketiga jenis aliran panas itu terjadi serempak tetapi pada umumnya yang satu akan lebih dominan dibandingkan dengan yang lain.

Arsana (2001) meneliti tipe kondensor pembuluh dan kawat standar dengan melakukan perubahan jarak spasi sirip/kawat yang menghasilkan jarak spasi optimal dari sirip/kawat. Ada 3 jarak spasi kawat yang digunakan, yaitu $Pw/Lw = 0,015$; $0,029$; dan $0,044$.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisa yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal penting yang menyangkut kapasitas penukar panas jenis pembuluh dan kawat yaitu :

- Tinggi rendahnya temperatur fluida masuk berpengaruh terhadap kapasitas penukar panas, dimana dengan kenaikan temperatur fluida masuk dari 50°C , 60°C , dan 70°C akan menghasilkan kapasitas penukar panas berturut – berturut 9 watt, 19 Watt dan 24 Watt.

- Penukar panas (*Heat Exchanger*) akan bekerja maksimal pada temperatur 70°C dengan kapasitas penukar panas sebesar 24 Watt.

Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, jika dilakukan penelitian yang sama dengan penelitian ini, ada beberapa kelemahan. Untuk mengatasi kelemahan tersebut peneliti menyarankan:

- Pompa fluida yang digunakan dapat menimbulkan panas tersendiri sehingga berpengaruh pada temperatur fluida masuk maka perlu dicari pompa fluida yang sedikit menimbulkan panas saat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Holman, J.P., (1997). Perpindahan Kalor, Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Arsana, I Made (2001). “Study eksperimental pengaruh geometri kawat terhadap optimal penukar panas jenis pembuluh dan kawat pada konveksi bebas”, Tesis. Surabaya : ITS

Incropera. Frank.P.2007. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. United State of Amerika : Amerika

Kreith, F., dan Prijono, A., 1986, Prinsip Prinsip Perpindahan Panas, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Pitts, D.R., dan Sissom L.E., 1987, Perpindahan Kalor, penerbit Erlangga, Jakarta.

Yustin Setya W. (2000). “Study eksperimental pengaruh penggunaan oil cooler modifikasi terhadap penurunan suhu mesin pada sepeda motor honda GL Max tahun 2000 berkapasitas 125cc”. Surabaya: Unesa.

<http://www.google.co.id/search?q=proses+perpindahan+panas&ie=utf-8&oe=utf8&q=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a>