

REVERSE ENGINEERING OIL COOLER DOUBLE TUBE PLTA JATILUHUR

oleh

Yogi Sirodz Gaos¹, Candra Damis Widiawati²

¹*Engineering and Devices for Energy Conversion Research Lab.,
Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor*

²*Departemen Engineering PT Intan Prima Kalorindo
Corresponding author : yogisirodz@gmail.com*

Abstract

Double tube heat exchanger is one of the modifications of shell and tube, which use as transformer cooler in power plant system AT PLTA Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat. It has double tube, the outer contacts with the oil and the inside one contacts with water as cooling medium. One of the benefits of this type can reduce explosion risk of the transformer, because the warning system will be on when there is leakage at inside tube, so water and oil will not mix. But this type needs cost more expensive than the single one. ,

Design optimization was using reverse engineering. The dimensions are 339.6 mm inner shell diameter, outer tube dimension 15mmOD, 1mmThickness, 2208mmLength, inside tube dimension 13mmOD, 1.2mmThickness, 2208mmLength, and 124 pcs in each. The performance tests of the reverse engineering at 23.23 MW were; 27.4°C/31°C water in/out, 41.5°C/38.8°C oil in/out, oil flow rate 2.92 kg/s, 10.94°C log mean temperature difference, and temperature work of transformer 41.1°C. Using reverse engineering the work temperature of transformer at 28 MW was 60°C when using original equipment the work temperature of transformer at 26 MW was 80°C. Design of reverse engineering increased cooling capacity 16% and only 71.43% from OEM.

Key words: OEM=Original Equipment Manufacturer, shell and tube, heat exchanger, and double tube

Pendahuluan

Alat penukar kalor berfungsi untuk memindahkan panas dari medium panas ke medium dingin. Pipa ganda (double tube) adalah salah satu jenis tipe cangkang dan pipa yang sering digunakan untuk mendinginkan oli transformer (trafo). Jenis ini memiliki dua lapis pipa, yaitu pipa bagian dalam tempat mengalir air dan pipa bagian luar berkontak langsung dengan oli. Selain itu, dilengkapi dengan alarm yang akan berbunyi jika terjadi kebocoran di pipa bagian dalam. Jika terjadi kebocoran pada pipa bagian dalam, oli tidak akan

langsung bercampur dengan air karena masih terdapat pipa bagian luar yang berfungsi sebagai pengaman.

Reverse engineering pada desain *double tube heat exchanger* menggunakan program komputer yang berlandaskan metode kern. Sistematika perhitungan diawali dengan memasukan data suhu, laju masa, dan dimensi. Jika memenuhi prinsip keseimbangan energi, kecepatan aliran air antara 1-3 m/s, dan pressure drop di sisi oli kurang dari 1.5 bar, maka desain dapat dibangun.

Metodologi Penelitian

Program perhitungan alat penukar panas berdasarkan rumus-rumus dasar sebagai berikut:

i. Keseimbangan energi

$$Q_{air} = (m \times c_p \times \Delta T)_{air} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{oli} = (m \times c_p \times \Delta T)_{oli} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = U \times A \times \Delta T_{LMTD} \dots\dots\dots (3)$$

ii. Kecepatan air ($1 < v < 3$ m/s)

$$v_{air} = \frac{m_{air}}{\rho_{air} \times A} \dots\dots\dots (4)$$

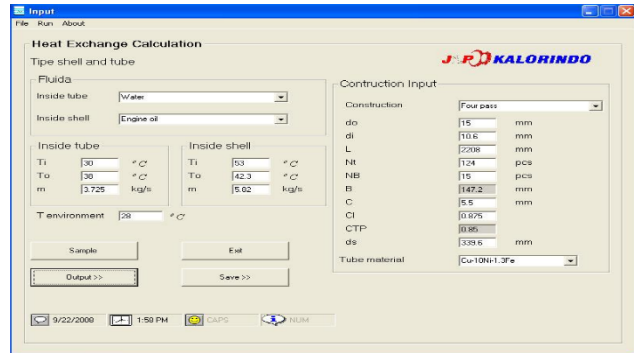
iii. Pressure drop di sisi oli ($\Delta P \leq 1.5$ Bar)

$$\Delta P_{oil} = \frac{f \times G_s^2 \times D_s \times (N_b + 1)}{2 \times \rho_s \times De \times \left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^{0.14}} \dots\dots\dots (5)$$

Gambar 2 Tampilan hasil perhitungan alat penukar kalor.

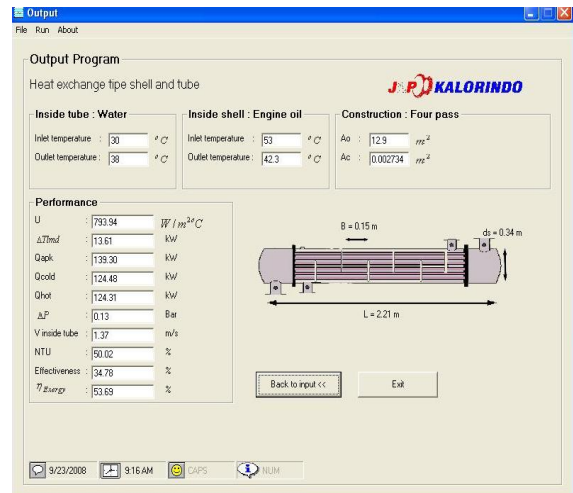
Hasil perhitungan terbagi menjadi 3 yaitu: 1) fluida, jenis serta suhu masuk dan keluar 2) konstruksi meliputi jumlah laluan pipa, luas permukaan sentuh, luas penampang, dan skema 3) Kinerja meliputi

Tampilan data masukan dan hasil perhitungan tersaji pada gambar berikut :



Gambar 1 Tampilan data masukan perhitungan alat penukar kalor.

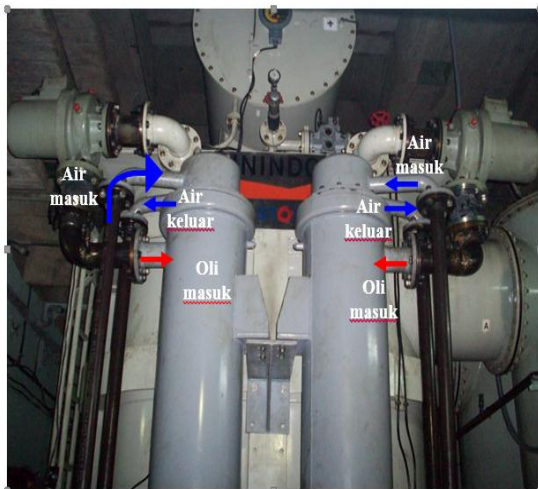
Data masukan terbagi menjadi dua, yaitu: 1) fluida, meliputi jenis fluida, suhu masuk dan keluar, laju masa aliran 2) konstruksi, terdiri dari : jumlah laluan pipa, diameter dalam dan luar pipa, panjang pipa, jumlah baffle, jumlah pipa, diameter cangkang, dan material bahan pipa



pindah panas menyeluruh, log perubahan suhu, kemampuan pindah panas alat penukar kalor, panas yang diserap air, panas yang dilepas oli, pressure drop, kecepatan aliran air, number transfer unit, efektivitas, dan efisiensi eksergi.

Hasil dan Pembahasan

Pendingin oli trafo yang digunakan oleh PLTA Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat, berjenis cangkang dan pipa dengan pipa berganda. Pipa berganda berfungsi untuk mencegah terjadinya pencampuran oli dengan air yang dapat menyebabkan kerusakan pada trafo. Air mengalir di pipa bagian dalam dengan diameter luar 13mm dan tebal 1.2mm, berbahan CuNi, dan berjumlah 124 pcs, sedangkan pipa bagian luar berfungsi sebagai pelapis dengan diameter luar 15mm dan tebal 1mm, berbahan Cu-Cu. Oli sebagai medium panas mengalir sepanjang cangkang. Jumlah laluan pipa empat sedangkan laluan shell satu. Desain trafo dirancang untuk beban maksimum 35 MW. Pendingin oli trafo yang digunakan sebanyak 2 unit yang disusun secara paralel sehingga dapat bekerja maksimum, berikut instalasinya.



Gambar 3 Instalasi pendingin oli trafo di PLTA Jatiluhur.

Berdasarkan data rancangan laju masa air/oli sebesar 3.725 kg/s dan 5.82 kg/s, suhu air masuk/ keluar sebesar 30°C dan 38°C, suhu oli masuk/keluar sebesar 53°C dan 42.3°C, suhu lingkungan 28°C. Kinerja perhitungan meliputi pindah panas

total sebesar 826.35 W/m² °C, log perubahan suhu 13.61°C, pindah panas alat penukar kalor 145 kW, panas diserap air 124.48 kW, panas dilepas oli 124.31 kW, pressure drop 0.33 bar, kecepatan air 1.37 m/s, NTU 50.02%, efektivitas 34.78%, dan efisiensi eksergi 53.69%, luas permukaan sentuh 12.9 m², dan luas penampang 0.002734 m².

Original equipment berdimensi pipa luar 16 mm, tebal 1mm, panjang 2420mm, jumlah 88 pcs, material bahan cu-cu. Diameter luar cangkang 250 mm dan tebal 8mm. Jumlah baffle adalah sembilan pcs. Kinerjanya pindah panas total sebesar 901.1 W/m² °C, log perubahan suhu 13.61°C, pindah panas alat penukar kalor 125 kW, kecepatan air 1.11 m/s, pressure drop oli 15 kPa, dan luas permukaan sentuh 10.6°C. Berdasarkan data kinerja di atas, pindah panas alat penukar kalor reverse engineering 16% lebih tinggi dari original equipment. Hal itu disebabkan oleh luas luas permukaan sentuh reverse engineering lebih tinggi sebesar 21.7% karena jumlah pipa lebih banyak dan perpindahan panas total lebih rendah sebesar 8.3% karena perubahan dimensi cangkang, kerapatan pipa, dan jumlah baffle. Kinerja alat penukar kalor mempengaruhi suhu kerja trafo saat operasional, perbandingan kerja aktual dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan kinerja aktual

Keterangan	Original equipment	Reverse engineering
Beban (MW)	26	28
T_{oli} trafo(°C)	80	60
Pembukaan katup air	100%	100%
Cooling capacity (kW)	125	145 (up to 16%)
Harga berdasarkan OEM		71.43 % from OEM

Kesimpulan

Reverse engineering dengan menggunakan program komputer sederhana mampu meningkatkan kapasitas pendinginan sebesar 16% dengan harga 71.43% dari

OEM. Dimensi reverse engineering sebagai berikut: diameter luar 13mm dan tebal 1.2mm, berbahan CuNi, dan berjumlah 124 pcs, sedangkan pipa bagian luar berfungsi sebagai pelapis dengan diameter luar 15mm dan tebal 1mm, berbahan Cu-Cu. Oli sebagai medium panas mengalir sepanjang cangkang. Jumlah laluan pipa empat sedangkan laluan shell satu.

Dengan kapasitas pendinginan 16% lebih tinggi, reverse engineering mampu menurunkan suhu oli lebih rendah, sehingga pada beban 28 MW, suhu kerja trafo sebesar 60°C. Original equipment hanya mampu memberikan suhu kerja trafo sebesar 80°C pada beban 26 MW.

Daftar Notasi

ΔP	: Pressure drop (Bar)
ΔT	: Perubahan suhu (°C)
ΔT_{LMTD}	
D	: Log perubahan suhu (°C) Viscositas pada suhu rata-rata oli
μ_b	: (kg/m s)
μ_w	: Viscositas pada suhu film (kg/m s)
A	: Luas permukaan sentuh (m ²)
c_p	: Kalor jenis (J/kg °C)
D_e	: Diameter equivalent (m)
d_i	: Diameter dalam pipa (m)
d_o	: Diameter luar pipa (m)
D_s	: Diameter cangkang (m)
f	: Friction factor
G_s	: Laju masa per luas (kg/m ² s)
m	: Laju masa (kg/s)
N_{b+1}	: Jumlah baffle
Q	: Kalor (kW)
$T_{c,i}$: Suhu air masuk (°C)
$T_{c,o}$: Suhu air keluar (°C)
$T_{h,i}$: Suhu oli masuk (°C)
$T_{h,o}$: Suhu oli keluar (°C)
U	: Pindah panas total (W/m ² °C)
v	: Kecepatan air (m/s)
ρ	: Massa jenis (kg/m ³)

Daftar Pustaka

- Bejan A, Tsatsaronis G, Moran M. 1996. *Thermal design and Optimazation*. New York: John Willey & Son, Inc.
- Boehm, R.F. 1987. *Design of Analysis of Thermal System*. New York: John Wiley & Sons.
- Bird RB, Stewart WE, Lightfoot EN. 1994. *Transport phenomena*. Singapore: John Willey & Son Inc.
- Cengel YA. 2003. *Heat transfer a practical approach*. Second Edition. Singapore: Mc Graw Hill.
- Cengel YA, Boles MA. 2006. *Thermodynamics an engineering approach*. Fifth Edition in SI Unit. Singapore: Mc Graw Hill.
- Moran JM, Shapiro NH. 1988. *Fundamental of Engineering Thermodynamics*. New York: John Willey & Son, Inc.
- Perry Robert H. & Chilton Cecil H. 1973. *Chemical Engineers Handbooks*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo.
- Stocker WF. 1989. *Design of thermal system*. New York. McGraw-Hill, Inc.
- Suresh MVJJ, Reddy KS, Ajit Komar Kolar. 2006. *Energy and Exergy based Thermodynamics Analysis of 62.5 MW Coal-Based Thermal Power Plants – A Case Study*. Indian Institut of Technology Madras Chennai, India.
- Suryanarayana NV, Arici Oner. 2003. *Design and simulation of thermal system*. New Ork: Mc Graw-Hill Higher Education