

**TEKNOLOGI PRAKTIS BERBASIS KENELAYANAN
PEMANAS AIR MINUM DENGAN PEMULIHAN ASAP PANAS KNALPOT MOTOR
DIESEL SERBAGUNA PENDORONG PERAHU KAYU NELAYAN**

*Service Based Practical Technology Drinking Water Heater With Heat Smoke Recovery Of Multipurpose Diesel
Motorcycle Exhaust For Wooden Fisherman Boat Power*

Bambang Hermani^{1*)}

¹Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon Jl. Perjuangan no 17 Cirebon 45135

^{*)}Korespondensi: prigele2bang@gmail.com

Diterima: 27 September 2022; Disetujui: 28 November 2022

ABSTRAK

Siklus tenaga gas pembakaran motor bakar torak empat langkah diperoleh dari campuran injeksi solar+udara panas kompresi sebagai fluida kerja yang dalam hal ini diambil dari jenis motor bakar diesel serbaguna, dari keseluruhan ragam komunitas nelayan pantai utara pulau Jawa dapat dikatakan secara umum penggunaan motor diesel serbaguna dijadikan mesin pendorong perahu nelayan. Pemandangan yang umum para nelayan pantura atas buangan asap panas dari knalpot motor diesel serbaguna pendorong perahu kayu nelayan dilepas ke udara lingkungan begitu saja akhirnya menjadi sumber pencemaran udara sekitar perahu terutama nitrogen oksida yang beracun untuk pernafasan manusia, limbah asap panas hasil proses pembakaran yang dikeluarkan melalui sistem exhaust mesin piston, masih terkandung potensi energi berharga berupa gas panas yang dilepas knalpot yang apabila diupayakan energi gas panas tersebut sebelum dibuang ke udara lingkungan dapat diperoleh kembali energi panas tersebut dengan pemasangan tambahan alat penukar panas sebagai manfaat sumber panas untuk pemanas penukar kalor atau heater hasilnya air minum dingin bertukar jadi air minum panas. Keseimbangan panas adalah perhitungan kalor yang dilepas dalam pembakaran bahan bakar+udara di ruang bakar dan pemanfaatannya dalam transfer fluida dingin ke fluida panas, yang merupakan kandungan energi panas pembakaran mesin pembakaran dalam tipe pembakaran kompresi yang berbasis bahan bakar fosil. Semua produk panas pembakaran tidak dapat diubah 100% menjadi kerja atau daya motor yang berguna, transfer energi yang hilang dari motor pembakaran 25%, ke air pendingin 32%, di gas buang 34%, rugi-rugi pemompaan 3%, rugi-rugi gesekan antara bagian karena mesin yang buruk tidak akurat 6% dan radiasi ke udara lingkungan. Pemanas air minum dengan pemulihan asap panas knalpot motor diesel serbaguna pendorong perahu kayu nelayan, bekerja dengan pemulihan atau ambil kembali energi panas dari gas buang di knalpot langsung dari siklus proses pembakaran di motor pembakaran jenis piston. Aliran gas asap panas dipaksa bersentuhan langsung terhadap dinding tabung penukar panas sebelum keluar knalpot selama motor pembakaran piston berjalan, aliran panas dari gas buang telah mengalir ke dalam shell & tube heat exchanger shell. Percobaan ini bertujuan untuk mendapatkan air bersih panas 70°C dengan massa air dingin ditautkan sebesar = 0,0064 kg/s pada 28°C. Efek lain dari percobaan ini adalah untuk mengontrol emisi gas buang ke atmosfer dari mesin pembakaran dalam.

Kata kunci: pemanas air minum, pemulihan asap panas, knalpot, neraca panas, penukar panas

ABSTRACT

The gas power cycle of a four-stroke combustion engine is obtained from a mixture of diesel injection + compressed hot air as the working fluid, which in this case is taken from a versatile type of diesel engine from all kinds of fishing communities on the north coast of Java Island, it can be said that in general the use of multipurpose diesel engines used as a propulsion engine for fishing boats. A common sight for Pantura fishermen is hot smoke exhaust from the exhaust of a multipurpose diesel motor driving a wooden fishing boat released into the air. Eventually, it becomes a source of air pollution around the ship, especially nitrogen oxides, which are toxic to human respiration; hot smoke waste resulting from the combustion process released through the piston engine exhaust system still contains valuable energy potential in the form of hot gas released by the exhaust which if attempted to heat the hot gas energy before being discharged into the ambient air, the heat energy can be recovered by installing additional heat exchangers as a benefit of heat sources for heat exchange heaters or heaters the result is cold drinking water turns into hot drinking water. Heat balance is the calculation of the heat released in the combustion of fuel+air in the combustion chamber and its utilization in the transfer of cold fluids to hot fluids, which is the heat energy content of explosion in compression combustion engines based on fossil fuels. All heat products of combustion cannot be converted 100% into practical motor work or power; energy transfer is lost from the combustion motor, such as 25%, to cooling water 32%, in the exhaust gas 34%, pumping losses, 3%, losses -friction loss between parts due to lousy machining inaccuracy 6% and radiation to the air environment. A drinking water heater with hot smoke recovery from a versatile diesel motor exhaust driving a wooden fishing boat works by recovering or recovering heat energy from the exhaust gas in the exhaust directly from the combustion process cycle in a piston-type combustion engine. The hot flue gas flow is forced into direct contact with the wall of the heat exchanger tube before exiting the exhaust. As long as the piston combustion motor is running, the hot stream from the exhaust gas flows into the shell & tube heat exchanger shell. This experiment aims to get clean hot water 70°C with a linked cold water mass = 0.0064 kg/s at 28°C. Another effect of this experiment is to control exhaust emissions into the atmosphere from internal combustion engines.

Keywords: *drinking water heating, heat recovery, exhaust, heat balance, heat exchanger*

PENDAHULUAN

Motor pendorong perahu nelayan terutama komunitas nelayan pantai Jawa seluruhnya memakai motor diesel serbaguna sebagai mesin induk yang mana dalam pengoperasian berpotensi hasilkan produk buangan dari reaksi kimia panas pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara, yang dikompresi, dan dinyalakan di ruang bakar. Respon akhir dari proses pembakaran adalah terbentuknya gas asap panas, yang masih layak untuk ditarik sebagai pemulihan gas buang panas dari mesin pembakaran dalam. Dalam sebuah percobaan, alat penukar panas, seperti

pemanas air bersih pada suhu 70°C, dapat dicangkokkan sebuah alat penukar panas kedalam sistem gas buang panas motor. Berbagai contoh konstruksi motor diesel yang telah dijual secara komersial, seperti motor diesel serbaguna berdaya kuda dari 15 hp, 25 hp, 35, 45 hp. Yang secara teknis dioperasikan kontinyu selama pelayaran ulang alik dalam usahha penangkapan ikan dilaut lepas, yang mana gas buang yang dikeluarkan oleh motor tersebut terdapat kandungan energi yang berharga dalam bentuk gas panas dari ekspansi tenaga mesin pada kecepatan penuh, dimulai dengan gas pembakaran naik sekitar 10 kg/cm² pada

500°C; Oleh karena itu, energi buang harus digunakan sebagai fluida kerja untuk input penukar panas karena dari proses pembakaran campuran bahan bakar-udara terjadi transmisi daya dan ketika katup atau port buang dibuka penuh, pemuaian gas buang tekanan sekitar 1 kg/cm² tersisa dari tekanan pembakaran awal. Pada motor diesel serbaguna 15 hp ke atas, volume gas buang panas untuk pemulihan panas diuntungkan dengan produksi air panas yang melimpah untuk kebutuhan nelayan ditengah laut tanpa biaya tambahan.

Penukar panas Shell & Tube adalah peralatan terkemuka untuk perpindahan panas menggunakan cairan panas dan cairan dingin. Penukar panas dirancang untuk melakukan perpindahan panas antar fluida. Aliran dari penukar panas dipisahkan oleh dua konstruksi desain dan akan beroperasi terus menerus dengan recuperator. Menurut Hausen (1983), recuperator digunakan pada temperatur tinggi pada air preheater. Jenis penukar panas yang umum digunakan dengan tipe shell and tube. Penukar panas biasanya diklasifikasikan menurut pengaturan aliran dan jenis konstruksinya. Penukar panas yang paling sederhana adalah ketika fluida panas dan fluida dingin bergerak dalam arah yang sama atau berlawanan dalam sebuah pipa.

Penulisan singkat pada artikel ini dapat membantu sebagai tambahan kajian materi ajar teori praktis komunitas nelayan pantai utara Jawa pada pendidikan dan pelatihan dasar bagi nelayan pantura. Dalam percobaan ini akan dibahas beberapa masalah utama sebagai berikut: bagaimana rancangan percobaan Shell and Tube Heat Exchanger dan bagaimana menentukan bahan konstruksi penukar panas shell & tubesumber panas knalpot motor diesel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kriteria pendekatan teknologi praktis dan metodologi rancang bangun sederhana untuk cangkak alat penukar panas

pada pipa knalpot ke input cangkang penukar panas shell & tube dan menentukan pembuatan shell & tube heat exchanger dengan bahan cangkang stainless sebagai sarana pemulihan panas dari asap buang pembakaran motor piston berbahan bakar fosil.

METODE

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen, O₂ yang terkandung di udara atmosfer, terjadi pada suhu titik nyala energi, dan panas diperoleh karena proses tersebut. Penentu dalam proses pembakaran dari tiga elemen utama seperti bahan bakar, oksigen, dan suhu tinggi untuk memulai penyalaan. Bahan bakar bensin C₈H₁₈ direaksikan dengan udara, kemudian memulai penyalaan api, maka akan terbentuk panas pembakaran gas sebesar 1212 kkal, seperti terlihat pada persamaan reaksi kimia berikut :

$$C_8H_{18} + 12,5(O_2 + 3,76 N_2) = 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2 + \text{panas } 1212 \text{ kkal} [1 \text{ mol}, 114] + [\text{udara } 59,5 \text{ mol}, 1716 \text{ g}] = [\text{gas pembakaran } 64 \text{ mol}, 1831 \text{ g}] + \text{bensin } 114 \text{ g}.$$

Pembakaran dengan nyala api terbuka disebut pemberian penyalaan awal pembakaran. Jika upaya ini terjadi, panas dari pembuangan pembakaran mengatur sikat berikutnya sampai semua bahan bakar habis terbakar. Mesin pembakaran piston pembakaran terjadi di ruang tertutup, dan panas yang keluar adalah hasilnya. Proses pembakaran kimia menaikkan suhu campuran gas bahan bakar dan oksigen; menaikkan suhu pembakaran sehingga tekanan gas meningkat begitu tinggi sehingga dapat mendorong piston dengan kuat. Proses pembakaran di ruang bakar motor bakar dapat berlangsung secara ideal jika semua bagian campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar habis dalam waktu yang singkat dan singkat, sehingga membutuhkan campuran yang ideal untuk dibakar pada waktu yang tepat. Jika salah

satu kondisi di atas tidak terpenuhi, proses bisnis tidak akan mencapai efisiensi yang optimal. Proses pembakaran sempurna teoritis adalah reaksi pembakaran berikut: $2C_8H_{18} + 25O_2 = 16CO_2 + 18H_2O$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembakaran sempurna bensin dengan udara yang cukup akan menghasilkan -7,85 kkal per sentimeter kubik. Kenaikan suhu gas adalah jumlah panas yang dibayarkan per panas spesifik, pembakaran tidak sempurna jika rasio udara pembakaran terhadap bahan bakar kurang dari satu. Jika udara pembakaran tidak cukup, atau kedua gas sesuai, maka sebagian energi tidak terbakar, sehingga panas akan berkurang. Hal ini mengakibatkan efek residual yang menurunkan efisiensi pembakaran, yaitu perbandingan antara panas pembakaran yang sebenarnya dengan panas pembakaran sempurna sehingga terjadi proses reaksi kimia eksplosif. Sebagai berikut: $2C_8H_{18} + O_2 + N_2 = CO_2 + H_2O + CO + HC + Nox +$ Unsur lainnya, komposisi gas buang knalpot dapat berupa, Oksigen (O_2), Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO_2), Nitrogen (N_2), Hidrokarbon (HC), Nitrogen Oksida (Nox), Sulfur dioksida (SO_2), dan senyawa lainnya.

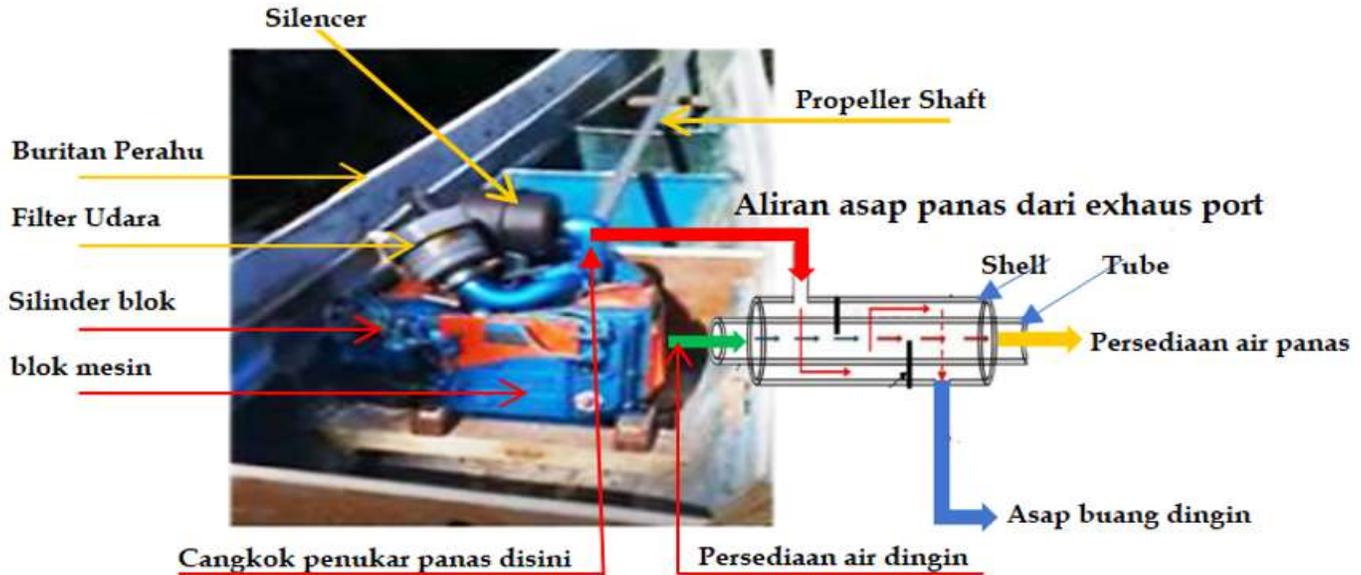
Pembakaran dan residu pembakaran dapat mengendap menjadi kerak yang kompleks dan panas serta memperparah proses pembakaran, sistem pendingin, sistem pelumasan, endapan yang menempel di ruang bakar dapat menjadi arang sehingga gas solar+udara yang terbakar di ruang bakar bahkan tanpa menyalakan kompresi. Ada pembakaran tidak sempurna di mesin bensin oleh campuran kaya motor yang berjalan pada beban rendah atau mendekati

daya maksimum. Motor diesel disebabkan terutama oleh pencampuran bahan bakar diesel dengan udara yang tidak baik.

Pemulihan panas gas buang

Keseimbangan panas adalah perhitungan kalor yang dilepaskan dalam pembakaran bahan bakar di ruang bakar dan pemanfaatannya di mesin. Yang merupakan energi panas pembakaran mesin pembakaran dalam tipe CI berbasis bahan bakar fosil. Semua produk panas pembakaran tidak diubah 100% menjadi kerja yang berguna, transfer energi yang hilang ke motor efektif 25%, ke air pendingin 32%, di gas buang 34%, rugi-rugi pemompaan, 3%, rugi-rugi gesekan antara bagian karena permesinan yang buruk tidak akurat 6% dan, radiasi ke atmosfer hal tersebut dapat ditarik Kembali untuk pemanas air bersih dengan pencangkakan alat penukar panas shell & tube jenis tunggal. Dua mesin dalam siklus pembangkitan gabungan dihasilkan oleh dua bentuk energi listrik dan air bersih panas dari sumber bahan bakar fosil yang serupa.

Proses konversi energi normal, sejumlah panas yang terbuang di atmosfer dan mempengaruhi suhu lingkungan. Sebuah desain siklus daya yang sempurna akan mencakup campuran bahan bakar fosil dan udara pada suhu rata-rata dan proses pembakaran suhu tinggi dan dikeluarkan melalui manifold buang dari konversi energi. Sebagian panas dilepaskan selama proses siklus daya dari motor piston terutama melalui manifold gas buang dan sistem pendingin mesin. Bentuk energi ini diperoleh kembali sebagai bentuk daur ulang energi untuk pembentukan air panas melalui kombinasi dengan penukar panas.



Gambar 1. Skema pencangkokan shell & tube heat exchanger pada lubang gas buang posisi knalpot di perahu kayu

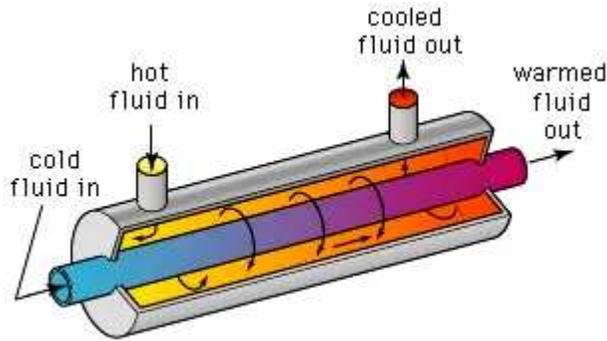
Penukar panas shell & tube eksperimental dirancang dan dicangkokkan ke sistem saluran gas buang motor piston berbasis bahan bakar fosil, dengan daya motor Diesel 20 hp ; 1500 rpm; 1.194 - sentimeter kubik. Skema konstruksi gabungan motor bakar dengan penukar panas shell & tube untuk gas buang ditunjukkan pada Gambar 1. Aliran kalor gas buang dari motor pembakaran piston dengan tanda panah merah dengan temperatur inlet rata-rata 400°C sampai 500°C telah dialirkan ke heat exchanger melalui exhaust inlet gas buang.

Penukar panas

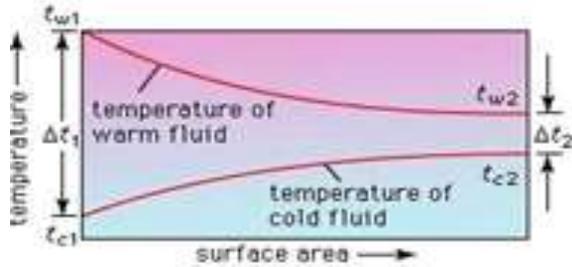
Penukar panas adalah salah satu perangkat yang paling efisien untuk mentransfer panas dari satu cairan ke cairan lain. Penukar panas shell & tube biasanya digunakan untuk banyak sistem kontinu yang memiliki head rendah hingga sedang. Penukar panas adalah alat yang memindahkan panas dari media panas ke media dingin tanpa mencampur dua media karena dinding padat, pada umumnya memisahkan dua media. Ada banyak jenis penukar panas yang digunakan. Misalnya, berdasarkan aplikasi, penukar panas pipa ganda digunakan dalam proses kimia seperti kondensasi uap menjadi cairan. Penukar panas biasanya diklasifikasikan menurut pengaturan aliran dan jenis konstruksi.

Penukar panas paling sederhana adalah di mana cairan panas dan dingin bergerak dalam arah yang sama atau berlawanan, dan penukar panas ini terdiri dari dua pipa konsentris dengan diameter berbeda.

Pengaturan aliran paralel. Dalam susunan aliran paralel, fluida panas dan dingin masuk pada ujung yang sama, mengalir dalam arah yang sama, dan keluar pada ujung yang sama. Dalam pengaturan aliran balik. pengaturan counterflow, cairan masuk di ujung yang berlawanan, mengalir ke arah yang berlawanan, dan keluar di ujung yang berlawanan.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.



Gambar 2. Profil suhu Heat Exchanger aliran paralel.

Desain penukar panas aliran paralel menguntungkan ketika dua cairan diperlukan untuk dibawa ke suhu yang hampir sama. Gambar 2. menunjukkan arah aliran fluida dalam penukar aliran paralel. Dalam kondisi yang sebanding, lebih banyak panas yang ditransfer dalam pengaturan

aliran berlawanan dari pada penukar panas aliran paralel. Profil suhu dari dua penukar panas menunjukkan dua kelemahan signifikan dalam desain aliran paralel. Permukaan perpindahan panas dalam penukar panas dapat diatur dalam beberapa bentuk; oleh karena itu, penukar panas juga diklasifikasikan sebagai:

Penukar panas pipa ganda tidak mahal untuk dirancang dan dirawat, sehingga cocok untuk industri kecil. Satu cairan mengalir di dalam tabung di penukar ini, dan cairan lainnya mengalir di luar. Dalam berbagai modifikasi konstruksinya, konfigurasi penukar panas shell and tube mungkin merupakan konfigurasi penukar panas dasar yang paling luas dan umum digunakan di industri. Penukar panas shell-and-tube diklasifikasikan menurut jumlah lintasan shell and tube.

Penukar panas shell and tube biasanya digunakan untuk aplikasi tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 30 bar dan suhu lebih besar dari 260 °C. Penukar panas shell and tube dapat menahan tekanan tinggi karena bentuknya.

Tabel 1. Spesifikasi Experimen heat exchanger

Jenis Heat exchanger	Shell and tube aliran paralel, fluida dingin dalam tubes dan fluida panas pada cangkang
Shell diameter dalam	100 mm (stainless steel)
Jumlah tube	1
Tube diameter dalam	32 mm (stainless steel)
Baffles	half cut baffles, jumlah baffle 2
Panjang heat exchanger	2000 mm
Specific Heat air	4.186 kJ/kg ^o K
Specific Heat gas buang	6.197 kJ/kg ^o K

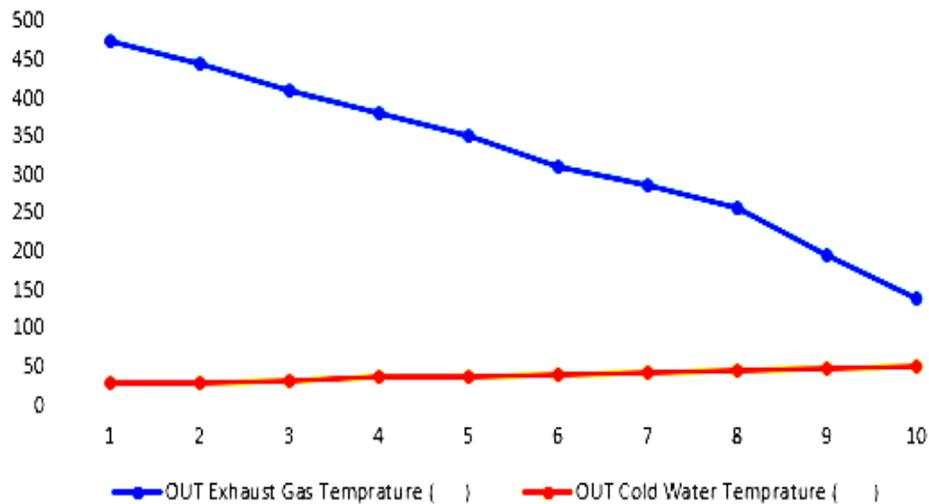
Gas Buang Panas

Gas buang mesin diesel bervariasi dengan kecepatan dan beban. Beban tinggi dan

kecepatan tinggi menghasilkan suhu tertinggi. Umumnya, 500-700 °C diproduksi dalam gas buang dari mesin diesel-siklus pada beban 100% hingga 200-300 °C tanpa beban.

Tabel 2. Heat Exchanger data percobaan pengukuran suhu

IN Exhaust Gas Temperature 500 °C		
IN Cold Water Temperaure 28 °C		
Pick Up Sample (hr)	OUT Exhaust Gas Temperature (°C)	OUT Cold Water Temperature (°C)
1	475	30
2	445	31
3	410	33
4	382	37
5	353	39
6	311	41
7	287	44
8	258	46
9	197	48
10	140	50



Gambar 3. Diagram distribusi suhu

Kalkulasi diberikan :

- Shell inside diameter = 100 mm
- Tube inside diameter = 32 mm
- Length of the heat exchanger = 2000 mm
- Exhaust gas Volume = 29.038 Cc
- Mass of exhaust gas = 0,029 kg
- Exhaust gas Temperature = 500°C

Tube inside diameter (di)	= 32 mm
Cold water Volume in	= 6.430 Cc
Mass of cold water in	= 0.0064 kg
Cold water Temperature in	= 27°C

Bahasan Masalah

1). Total heat transfer

Perpindahan panas total energi panas dari gas buang ditentukan :

$$q = m_w * C_w * \Delta T_w$$

$$q = 34,660 \text{ MJ/min}$$

$$q = 577.67 \text{ kW}$$

2). Log Mean Temperature Difference

Hukum Newton menyatakan bahwa laju panas berhubungan dengan perbedaan suhu sesaat antara media panas dan dingin dalam proses penukar panas; perbedaan suhu akan berubah dengan waktu.

$$\Delta T_w = \frac{(T_{h_{in}} - T_{h_{out}}) - (T_{c_{out}} - T_{c_{in}})}{\ln(T_{h_{in}} - T_{h_{out}}) / (T_{c_{out}} - T_{c_{in}})}$$

$$\Delta T_w = 121^\circ\text{C}$$

KESIMPULAN

Penukar panas shell & tube digunakan untuk memulihkan energi panas dari gas buang yang terbuang ke atmosfer akibat peningkatan suhu air dingin diubah menjadi suhu panas dengan pemanasan dari mesin pembakaran internal gas buang. Untuk penggunaan Fabrikasi, Baja Ringan untuk Tembaga Shell and Tube ASTM B280. Tingkat perpindahan panas keseluruhan $q = 577 \text{ kW}$. Log Mean Temperature Difference $\Delta T_w = 121^\circ\text{C}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Eksperimen praktis ini didukung oleh Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon selaku penanggung jawab penelitian dan saya mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik UNTAG Cirebon, atas keahlian dan perhatian yang telah diberikan yang sangat membantu penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Hausen. 1983. Calculation of High Temperature Regeneratif Heat Exchanger. Marchwood, Southampton England.

Furuhama, Shoichi. Motor bakar serbaguna Soenarta Nakoela, Furuham Shoichi. PT. Pradnya Paramita. Jakarta 1995.

Exhaust Gas boiler., JARNFORSEN International d.o.o. biro celje. XIV. SI-3000 Celje Slovvenia.

Holman, J.P., 1988, Perpindahan Kalor alih bahasa Jasjfi E., edisi ke-6, Erlangga, Jakarta 13740.

Online site

<https://www.nuclear-power.com/nuclear-engineering/heat-transfer/heat-exchangers>

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/exhaust-gas>