

Pemanfaatan Energi Gas Buang Motor Diesel Stasioner untuk Pemanas Air

Rahardjo Tirtoatmodjo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Gas buang dari motor diesel masih memiliki sejumlah energi panas yang cukup tinggi. Pada motor diesel stasioner, dengan mengalirkan air pada pipa spiral yang diletakkan di dalam saluran buang akan dapat meningkatkan enthalpi dari air.

Penggunaan pipa tembaga sebagai heat exchanger dapat mencapai efisiensi hingga 69,5 %.

Kata kunci : motor diesel, energi gas buang, air, efisiensi energi

Abstract

Exhaust gas from a diesel engine is having a big deal of energy. In a stationer diesel engine, the enthalpy of water will be increased by flowing the water in a spiral pipe which is located in the exhaust manifold of the engine.

Using copper pipes in this heat exchanger, it's efficiency is found up to 69,5 %.

Keywords : diesel engine, energy of exhaust gaz, energy efficiency

1. Pendahuluan

Dengan kemajuan peradaban manusia yang diimbangi dengan kemajuan teknologi maka rata-rata umur manusia meningkat. Juga berkat kemajuan teknologi maka natalita lebih besar dari mortalita dan kemungkinan hidup dari bayi yang dilahirkan makin besar. Dengan demikian maka jika tidak dijalankan program keluarga berencana, booming pertumbuhan penduduk dunia tidak akan berhenti.

Makin bertambah jumlah manusia maka makin bertambah juga kebutuhan akan air bersih. Padahal kemajuan teknologi memberikan efek negatif yaitu polusi yang meningkat sehingga makin sulitnya memperoleh air bersih.

Sebaliknya kebutuhan akan air bersih terus meningkat dengan kemajuan peradaban manusia. Asal mulanya manusia hanya butuh sekitar 5 liter per hari untuk keperluan makan dan minum, tetapi kemudian kebutuhan bertambah untuk cuci piring gelas, cuci pakaian serta mandi bahkan untuk membersihkan berbagai alat dan barang lainnya. Hal ini belum juga ditambah dengan kebutuhan air untuk pembangkit tenaga listrik yang juga makin maju peradaban manusia juga membutuhkan makin

banyak batu bara putih ini. Jika asalnya hanya untuk keperluan penerangan, maka dengan adanya radio, tv, compo, hifi maka penambahan daya listrik dilakukan. Kini makin banyak peralatan yang membutuhkan listrik seperti vacum cleaner, kompor microwave, kulkas, AC, mesin cuci dll yang makin membutuhkan listrik.

Secara prinsip, jika kebutuhan akan air meningkat, sedangkan persediaan air bersih makin terbatas, maka perlu pemikiran untuk mengefisienkan serta mengefektifkan penggunaan air.

Sebagai contoh, sejumlah air hangat lebih efektif untuk melarutkan lemak dan sabun dibandingkan jika menggunakan air dingin. Jadi untuk mencuci piring yang berlemak, maka dengan sejumlah sedikit air hangat saja, sudah mampu membersihkan piring tersebut dengan baik dibandingkan jika harus menggunakan air dingin. Juga untuk kenyamanan atau demi kesehatan, air hangat dibutuhkan untuk mandi.

Untuk meningkatkan suhu air, tentu butuh energi panas. Mengingat krisis energi melanda dunia maka perlu dilakukan penghematan penggunaan cadangan bahan bakar yang ada. Merupakan suatu tindakan yang bijaksana jika dalam suatu keperluan seperti penggunaan genset bertenaga diesel begitu banyak energi panas dari gas buang yang dibuang ke atmosfer secara sia-sia, kini sebelum gas buang dibuang, maka dimanfaatkan dahulu untuk memanaskan air sehingga tidak diperlukan suatu sumber energi

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

lain yang digunakan untuk memanaskan air secara khusus.

Dalam hal ini pada saluran buang (knapot) dari gas buang diberi tambahan sebuah heat exchanger yang berfungsi untuk menyerap panas yang masih dimiliki gas buang dan dipindahkan ke air yang bersuhu relatif lebih rendah.

2. Alat-Alat Percobaan

2.1. Motor Diesel

Motor diesel 4 langkah stasioner yang digunakan untuk menggerakkan generator pembangkit tenaga listrik dapat dimanfaatkan energi panas gas buangnya untuk memanaskan air sebelum dibuang ke udara bebas. Adapun spesifikasi motor tersebut adalah sebagai berikut :

Merek	: DEUTZ
Type motor	: BF12L513/C
Jumlah silinder	: 12
Diameter x langkah	: 125 mm x 130 mm
Volume	: 19.144 cc
Saluran gas buang	: 2 buah
Luas penampang saluran	: 0,0168 m ²
Firing order	: 1-8-5-10-3-7-6-11-2-9-4-12
Putaran poros engkol	: 1500 rpm

2.2. Pompa

Alat ini berfungsi untuk memompa air dari reservoir menuju heat exchanger yang terletak di dalam saluran gas buang. Spesifikasi dari pompa adalah :

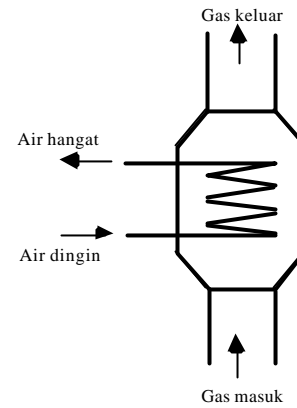
merek	: Nocchi pumps
seri	: Jetinox 60/42
daya	: 0,31 Hp
putaran	: 2850 rpm

2.3. HEAT EXCHANGER

Merupakan alat yang berfungsi menyerap panas gas buang dan memberikannya ke air yang mengalir di dalamnya.

Bahan	: Pipa tembaga
Diameter	: $\frac{3}{8}$ in ($d_o = 0,0095$ m dan $d_i = 0,0085$ m)

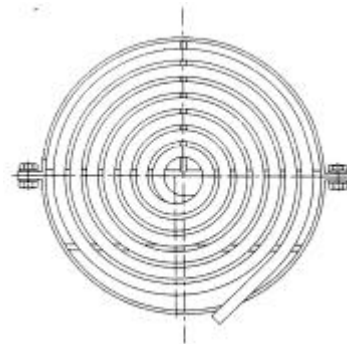
Pemilihan akan pipa tembaga yang memiliki konduktivitas panas 386 W/m.K, karena tidak terlalu jelek dibandingkan perak 419 W/m.K pada 20 °C tetapi harga perak yang jauh lebih mahal.



Gambar 1 Heat exchanger

Selain itu suhu gas buang yang tak lebih dari 300 °C, masih jauh lebih rendah dari temperatur lebur tembaga yang 1089 °C. Juga tembaga relative mudah untuk dibentuk.

Heat exchanger seperti kumparan kawat nyamuk disusun sebanyak 4 buah dengan panjang ekivalen 2244 meter.



Gambar 2 Pipa perpindahan panas

2.4. Thermocouple

Digunakan 4 buah thermocouple, 2 buah untuk mengukur suhu gas buang sebelum dan sesudah melewati heat exchanger, 2 buah lagi digunakan untuk mengukur suhu air sebelum dan sesudah melewati heat exchanger.

2.5. Thermocontrol

Alat ini berfungsi untuk menayangkan hasil pengukuran thermocouple ke dalam bentuk display.

2.6. Pipa U

Dua buah pipa U digunakan untuk mengukur tekanan gas buang sebelum dan setelah melewati heat exchanger.

2.7. Gelas Ukur

Berfungsi untuk mengukur volume solar yang terpakai oleh motor diesel dalam satuan waktu dan untuk menghasilkan daya tertentu.

2.8. Stop Watch

Berfungsi untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan satu satuan volume solar dalam gelas ukur.

sisinya atau dari suatu badan ke badan lain, dimana kedua badan itu bersatu.

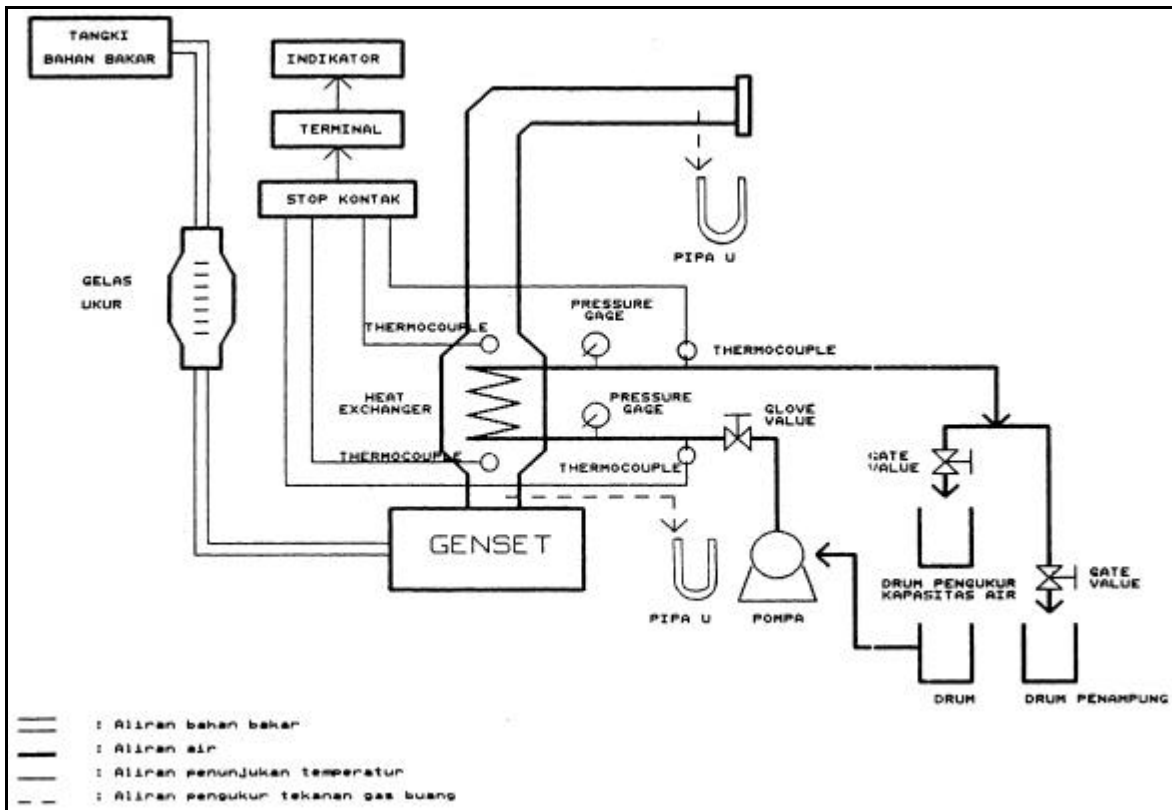
Besarnya laju perpindahan kalor (q) :

$$q = -K \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \text{ [Watt]}$$

dimana :

K = konduktivitas panas [W/m.K]

A = luas penampang yang tegak lurus



Gambar 3 Skema sistem yang diuji

3. Teori Dasar

Gas buang yang mengalir secara turbulen di dalam saluran buang memindahkan energi panasnya ke dinding heat exchanger terutama secara konveksi, radiasi dan konduksi.

Dinding luar heat exchanger yang menerima panas ini meneruskan panas ini ke dinding dalam secara konduksi.

Dari dinding dalam heat exchanger ini kalor diteruskan ke air dengan ketiga cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

3.1. Konduksi

Perpindahan panas dari suatu badan yang mempunyai perbedaan temperatur pada kedua

aliran panas [m²]

dT = perbedaan temperatur [K]

dx = jarak kedua sisi / permukaan [m]

$\frac{dT}{dx}$ = gradien suhu ke arah perpindahan

kalor [K/m]

tanda (-) = menunjukkan kalor mengalir ke suhu lebih rendah.

3.2. Konveksi

Perpindahan panas antara permukaan benda dengan fluida yang bergerak, apabila antara keduanya terdapat perbedaan temperatur.

Besarnya laju perpindahan kalor (q) :

$$q = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_f) \text{ [Watt]}$$

dimana :

h = koefisien konveksi lokal [W/m.K]

A_s = luas permukaan [m²]

T_s = temperatur permukaan plat [K]

T_n = temperatur fluida [K]

3.3. Radiasi

Merupakan perpindahan panas yang terjadi antara dua badan secara gelombang elektromagnetik tanpa tergantung pada medium penghantar.

Pada pengujian ini, perpindahan panas secara radiasi sangat kecil sekali dibandingkan dengan kedua jenis yang disebut di atas, maka dalam perhitungan diabaikan.

3.4. Kecepatan Aliran Gas

Dengan bantuan tabung pitot maka pengukuran beda tekanan statis dan dinamis dapat dilakukan, sehingga kecepatan aliran dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari tekanan fungsi massa jenis kali kwadrat dari kecepatan sebagai berikut :

$$\Delta P = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \quad [\text{cm H}_2\text{O}]$$

Dengan mengetahui luas penampang yang dialiri, maka debit dapat dihitung dengan mengalikan kecepatan aliran dengan luas :

$$Q = V \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{det}]$$

3.5. Azas Black

Jumlah kalor yang dilepas oleh gas (Q_{gas}) akan diterima oleh air untuk meningkatkan suhunya (Q_{air}), tetapi tentu tidak semua energi yang diberikan gas dapat diterima semuanya oleh air yang dapat dijabarkan dengan rumus :

$$(m_{\text{gas}} \cdot C_{\text{p gas}} \cdot \Delta T_{\text{gas}}) \cdot \eta_{\text{HE}} = m_{\text{air}} \cdot C_{\text{p air}} \cdot \Delta T_{\text{air}}$$

dimana η_{HE} merupakan efisiensi dari heat exchanger.

4. Prosedur Pengujian

Setelah dilakukan berbagai pemeriksaan seperti kecukupan jumlah minyak pelumas, bahan bakar serta berbagai peralatan yang dibutuhkan, juga heat exchanger dalam keadaan siap diuji, maka motor distart.

Ada 4 macam jenis pembebanan yang dilakukan yaitu 110/120 kW, 155/160 kW, 160/165 kW dan 180/185 kW. Pada setiap pembebanan dilakukan pengujian sebagai berikut :

1. Pompa mengalirkan air dengan debit 10 liter/detik.
2. Mencatat tekanan gas buang sebelum dan setelah heat exchanger.
3. Mencatat suhu gas buang sebelum dan setelah heat exchanger.
4. Mencatat tekanan air.
5. Mencatat suhu air sebelum dan setelah heat exchanger.
6. Mencatat kebutuhan bahan bakar (liter/jam).

Setiap pembebanan dilakukan 5 kali pengujian.

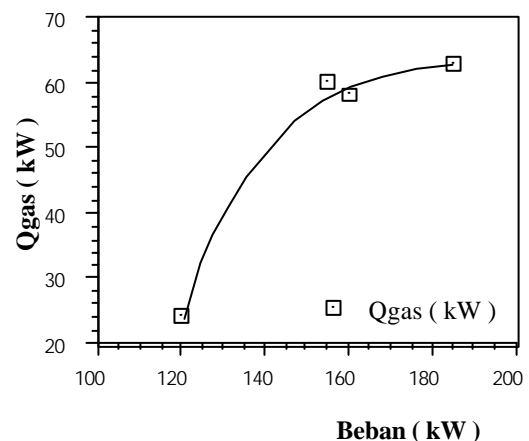
5. Hasil Percobaan Dan Analisa

Dari masing-masing pembebanan dilakukan 5 kali pengujian dan hasil rata-ratanya tercantum pada tabel di bawah ini :

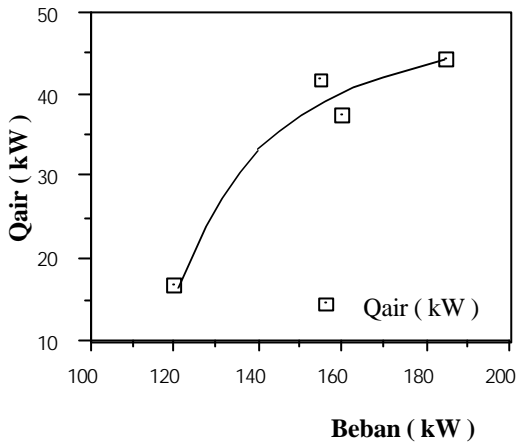
No	Beban (kW)	P gas (cm.k.a.)		Suhu gas (°C)		Suhu air (°C)		Q b.b. (l/jam)
		in	out	in	out	in	out	
1.	120	4,7	0,4	297	178	35	58,5	32,5
2.	155	5,1	0,5	356	202	35	86	43,3
3.	160	5,7	0,6	364	220,5	35	88,5	44,7
4.	185	5,9	0,6	390,5	252	35	97	50,0

Tabel 1 Perubahan tekanan, suhu gas, suhu air dan debit bahan bakar terhadap perubahan beban.

Dari data di atas kemudian dapat dihitung debit gas buang dan berapa kalor yang diberikan gas buang ke heat exchanger. Sedangkan dari data debit air dan suhu air, maka diketahui berapa kalor yang diterima air. Setelah mengetahui berapa kalor yang diberikan gas buang dan berapa yang diterima air maka dapat dihitung efisiensi dari heat exchanger.



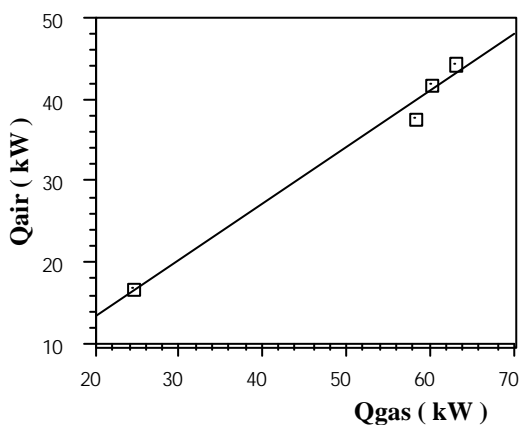
Gambar 4 Kalor gas buang fungsi beban



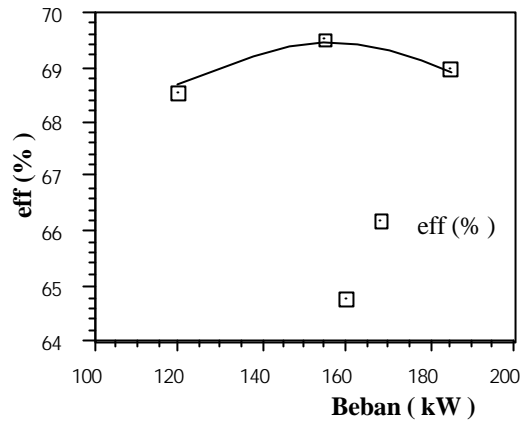
Gambar 5 Kalor diterima air fungsi beban

Dari grafik kalor yang dimiliki gas buang fungsi beban, maka terlihat bahwa makin besar beban, maka peningkatan kalor gas buang yang diserap oleh heat exchanger peningkatannya merupakan fungsi logaritma. Hal ini menandakan bahwa heat exchanger sangat efektif pada beban rendah dan akan menjadi jenuh ketika beban makin ditingkatkan.

Demikian pula kalor yang diterima air dari heat exchanger fungsi beban juga merupakan grafik fungsi logaritma. Dari grafik kalor yang diterima air dari heat exchanger yang meneruskan panas dari gas buang terlihat linier berarti kemampuan heat exchanger meneruskan kalor dari gas buang ke air adalah selalu linier. Sedangkan makin besar kalor yang dibawa oleh gas buang, maka makin banyak juga kalor yang terbuang ke udara luar yang memiliki suhu relatif konstan.



Gambar 6 Qair fungsi Qgas



Gambar 7 Efisiensi fungsi beban

Grafik efisiensi fungsi beban menunjukkan bahwa pada beban 155 kW, heat exchanger memberikan efisiensi yang tertinggi, hal ini sesuai dengan grafik penyerapan kalor dari gas buang oleh heat exchanger maupun grafik pemberian kalor dari heat exchanger ke air yang dari beban 120 kW ke 155 kW mengalami peningkatan yang tajam dan setelah itu walaupun ada peningkatan tetapi lebih landai.

Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa heat exchanger yang terdiri dari 4 kumparan pipa tembaga yang memiliki panjang ekuivalen 2244 m itu memiliki kemampuan yang optimal untuk memindahkan panas dari gas buang pada pembebanan 155 kW. Atau dengan kata lain jika diharapkan heat exchanger bekerja optimal, maka untuk konfigurasi ini, sebaiknya pembebanan motor pada daya 155 kW. Jika beban lebih rendah, untuk memperoleh heat exchanger yang bekerja pada efisiensi tertinggi, tentu luas permukaan heat exchanger harus dikurangi dan sebaliknya.

Sedangkan penurunan energi yang dimiliki gas buang tetapi tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan air untuk meningkatkan suhunya. Energi yang hilang ini menunjukkan bahwa panas hilang melalui dinding saluran buang, antara titik dimana thermocouple pengukur suhu gas buang yang masuk ke heat exchanger dan titik dimana diletakkan thermocouple yang mengukur suhu gas buang setelah meninggalkan heat exchanger.

Pengujian dilakukan untuk semua alat dalam keadaan baru, tentunya setelah beberapa waktu kemudian, kemampuan heat exchanger untuk memindahkan energi panas yang dimiliki gas buang ke air akan menurun mengingat adanya faktor pengotoran baik dibagian luar maupun di bagian dalam pipa heat exchanger. Pada bagian luar, pengotoran disebabkan oleh jelaga dan partikel lainnya yang terbawa oleh

gas buang, sedang di bagian dalam oleh kerak ataupun partikel yang sebelumnya terbawa oleh air yang hendak dipanaskan, menempel ke dinding dalam pipa.

6. Kesimpulan

Setelah diketahui konduktivitas panas bahan yang digunakan, luas permukaan heat exchanger dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan akan suhu air keluar serta debit yang dibutuhkan.

Sedangkan untuk memperoleh efisiensi yang maksimal pada suatu beban yang diperkirakan, maka luas permukaan heat exchanger juga dapat dihitung.

Pada pembebanan yang relatif rendah (110/120 kW) diperoleh temperatur gas buang yang relatif tinggi yaitu sekitar 297 °C. Gas buang yang masih memiliki energi yang masih cukup tinggi akan lebih bermanfaat jika panasnya bisa digunakan. Setelah melalui heat exchanger, suhu menjadi turun hingga sekitar 178 °C. Suhu ini dapat diterima untuk langsung dibuang ke udara luar, mengingat jika masih akan dimanfaatkan lagi energinya, maka beberapa bagian seperti sulfur dsb dapat berubah wujud dari gas menjadi cair dan hal ini akan menimbulkan korosi.

Suhu air yang bisa diperoleh adalah sekitar 58,5 °C jika beban 110/120 kW dan bisa mencapai 97 °C jika beban ditingkatkan hingga 180/185 kW. Dengan beban sebesar 180/185 kW ini maka air sudah mendekati titik didihnya, maka jika beban akan ditingkatkan lagi perlu dilakukan peningkatan kapasitas airnya juga agar jangan sampai airnya berubah menjadi uap yang tentunya bisa meruakkan peralatan heat exchanger itu sendiri.

Pemanfaatan energi panas yang dimiliki gas buang sebelum dibuang ke atmosfer untuk memanaskan air berarti merupakan penghematan energi cukup besar. Penghematan yang dimaksud dapat berupa pengiritan bahan bakar untuk memanaskan air sehingga mencapai suhu yang diinginkan, atau jika untuk proses pencucian, juga menghemat jumlah air yang digunakan, mengingat lemak dan sabun serta kotoran lebih mudah larut dengan air panas dari pada air dingin.

Daftar Pustaka

1. DE WITT et al, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 2nd ed, John Wiley & Sons, 1990.

2. FOX and McDONALD, *Introduction to Fluid Mechanics*,
3. HOLMAN J.P., *Perpindahan Kalor*, terjemahan Jasjfi E., Erlangga, Jakarta, 1991.
4. INCROPERA F. P., DEWITT D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 2ed ed., John Wiley & Sons, 1990.
5. INCROPERA F. P., DEWITT D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 2ed ed., John Wiley & Sons, 1990.
6. JUNDIKA J., *Perencanaan dan Pembuatan Heat Exchanger dengan pemanfaatan Gas Buang dari Motor diesel sebagai Pemanas Air*, Tugas Akhir no 95.54.142 Jurusan Teknik Mesin UK Petra, 1995.