

Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Sebagai Sumber Energi Pada Alat Pengering Ikan

La Baride

Program Studi Teknik Mesin Universitas

Dayanu Ikhsanuddin Baubau e-mail:

labaride@yahoo.co.id

ABSTRAK : Penelitian bertujuan untuk mendesain heat exchanger dengan memanfaatkan panas gas buang mesin yang digunakan sebagai alat pengering ikan dan untuk mengetahui pengaruh beban ikan terhadap efisiensi pengeringan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Alat pengering ikan didesain dengan memanfaatkan sumber panas dari gas buang mesin sebelum dibuang ke udara bebas. Pengujian alat pengering ikan dilakukan pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Dayanu Ikhsanuddin di Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian dengan putaran mesin 1600 rpm selama 90 menit dengan variasi beban pengering diperoleh : pada beban pengeringan 800 gram kalor penguapan 0,074 kW kadar air kering 26,4 % efektivitas penukar kalor 70,093 % dan efisiesi pengeringan 18,5 % , pada beban pengering 1000 gram kalor penguapan 0,062 kW kadar air kering 16,3 % efektivitas penukar kalor 70,094 % dan efisiesi pengeringan 16,2 % serta pada beban pengering 1200 gram kalor penguapan 0,054 kW kadar air kering 11,4 % efektivitas penukar kalor 70,11 % dan efisiesi pengeringan 13,8 %.

Kata kunci : Gas buang , Heat Exchangert, Ikan, Alat Pengering

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan panas gas buang dari mesin sebagai media pemanas dikembangkan dalam usaha penghematan energy. Panas gas buang yang dihasilkan mesin banyak mengandung potensi energi thermal yang dapat dimanfaatkan karena 34 – 40 % energi hasil pembakaran bahan bakar dalam mesin terbuang melalui gas buang.

Menurut Smith A.J dan King G.H di Inggris pada tahun 1980 sebesar 259 MJ / tahun energy thermal dari gas buang terbuang ke alam. Jakson R. menyampaikan bahwa pemanfaatan gas buang akan mempunyai keuntungan memperkecil biaya pada proses pemanasan yang dipakai, juga dapat menurunkan temperatur gas buang sehingga memperkecil pencemaran udara lingkungan.

Berdasarkan Hukum Thermodinamika pertama atau Hukum Kekelatan Energi menyatakan bahwa Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi energy dapat diubah kedalam bentuk energi yang lain misalnya energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi panas dan energi panas itu diubah menjadi energi mekanis pada mesin kalor.

Banyaknya energi panas hasil pembakaran bahan bakar pada mesin yang terbuang ke udara bebas tentunya sangat tidak menguntungkan, maka energi panas yang terbuang melalui saluran gas buang tersebut dapat digunakan untuk memanasi udara dengan menggunakan Heat Exchanger. Udara panas yang keluar dari Heat Exchanger gunakan sebagai fluida kerja pada alat pengering berbagai produk diantaranya : ikan, daging, buah-buahan dan sebagainya. Alat yang didesain dengan memanfaatkan energi panas gas buang mesin ini dapat digunakan oleh nelayan yang biasanya melaut selama beberapa minggu bahkan berbulan-bulan untuk mengeringkan hasil tangkapannya

II. LANDASAN TEORI

A. Penukar Kalor (Heat Exchanger)

Penukar kalor adalah suatu media tempat terjadinya pertukaran kalor antara dua fluida yang mempunyai temperatur berbeda. Pada penukar kalor fluida panas melepaskan kalor dan diterima oleh fluida dingin. Jenis penukar kalor yang digunakan adalah rekuperator dimana antara fluida panas dan fluida dingin dipisahkan oleh suatu dinding atau sekat. Kalor berpindah dari fluida panas ke dinding melalui konveksi, melintasi dinding dengan cara konduksi dan dari dinding ke fluida dingin kembali melalui konveksi. Efek radiasi biasanya sudah tercakup pada koefisien perpindahan kalor konveksi.

B. Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses pengeluaran atau pemisahan air dalam jumlah yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Pada proses pengeringan menggunakan energi panas dari gas buang mesin yang perlu diperhatikan agar mutu dari ikan tetap terjamin adalah gas buang tidak boleh berhubungan langsung dengan bahan yang dikeringkan, temperatur jangan terlalu rendah dan juga jangan terlalu tinggi.

Pada prinsipnya proses pengeringan terjadi dua proses, yaitu : 1). Proses perpindahan panas, yaitu suatu proses yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang dialirkan akan meningkatkan suhu bahan sehingga tekanan uap air didalam bahan lebih tinggi dari tekanan uap air di udara. 2). Proses perpindahan massa, yaitu suatu proses yang terjadi karena kelembapan relatif udara pengering lebih rendah dari kelembapan relatif bahan.

Ada dua cara untuk menentukan kadar air ikan pada proses pengeringan yaitu berdasarkan bobot basah dan bobot kering.

Prosentase kadar air basis basah dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$m_w = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \% \tag{1}$$

Prosentase kadar air basis kering dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$m_w = \frac{W_w}{(W_w + W_d)} \times 100 \% \tag{2}$$

dimana : W_w = Massa air dalam bahan (kg) , W_d = Massa padatan (kg)

Jumlah air yang menguap

$$m_{water} = W_w - W_d \tag{3}$$

Energi yang digunakan untuk menguapkan air dihitung dengan persamaan :

$$Q_{evap} = m_{water} \times h_{fg} \tag{4}$$

dimana : m_{water} = Massa air yang menguap (kg) , h_{fg} = entalpi penguapan pada temperatur rata-rata (kJ/kg)

Efisiensi pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\eta_d = \frac{Q_{evap}}{Q_{air}} \times 100 \% \tag{5}$$

dimana : Q_{evap} = Kalor penguapan (kJ/s) , Q_{air} = Kalor udara (kJ/s)

C. Perhitungan Perpindahan Panas pada Heat Exchanger

1. Perpindahan panas konduksi

Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya.

Berdasarkan hukum kedua termodinamika panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang bersuhu lebih tinggi ke titik yang bersuhu lebih rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila gradien suhu negatif.

Persamaan dasar konduksi satu dimensi dalam keadaan steady adalah

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \tag{6}$$

dimana : q_k = laju aliran panas konduksi (Watt), k = konduktivitas termal bahan (W/m K), A = luas penampang yang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m²), dT = gradien suhu pada penampang (K), dx = jarak dalam arah aliran panas (m)

2. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap, pertama panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini.

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Jika gerakan fluida berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu maka prosesnya disebut konveksi bebas. Dan jika gerakan fluida itu disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa atau kipas maka prosesnya disebut konveksi paksa (Frank Kreiht 1991).

$$q = h (T_w - T_f) \tag{7}$$

Dan perpindahan panas konveksi dari fluida panas ke dinding dingin dapat ditulis sebagai berikut :

$$q = h \cdot A \cdot (T_f - T_w) \tag{8}$$

dimana : q = laju aliran panas konveksi (Watt), A = luas penampang yang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m²), h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m² K), T_w = temperatur permukaan (K), T_f = temperatur fluida dingin (K)

3. Perpindahan panas radiasi

Radiasi adalah proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisahkan di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut.

Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus-menerus. Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan gejala-gejalanya menyerupai radiasi cahaya. Hukum Stefan-Boltzmann yang fundamental menyatakan

$$q = \sigma A T^4 \tag{9}$$

dimana : A = Luas permukaan (m²), σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴), T = Suhu absolut (K)

4. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

Koefisien perpindahan panas menyeluruh yang terjadi pada pipa *Heat Exchanger* dapat dihitung dengan metode membagi beda suhu menyeluruh dengan besarnya tahanan thermal yang terjadi pada pipai, dimana aliran panas menyeluruh sebagai hasil gabungan proses konduksi dan konveksi bisa dinyatakan dengan koefisien perpindahan panas menyeluruh.

Koefisien perpindahan panas menyeluruh dapat dirumuskan dalam suatu hubungan persamaan:

$$U_{Total} = U_o = \frac{1}{\left(\frac{r_o}{r_i}\right) \left(\frac{1}{h_i}\right) + \frac{r_o}{k} \ln \left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \left(\frac{1}{h_o}\right)}$$

Jika jari-jari (r) dinyatakan dalam diameter pipa (d), dimana $r = d/2$, maka persamaan diatas menjadi : (J.P. Holman Hal. 482)

$$U_{Total} = \frac{1}{\left(\frac{d_o}{d_i}\right) \left(\frac{1}{h_i}\right) + \frac{d_o}{2.k} \ln \left(\frac{d_o}{d_i}\right) + \left(\frac{1}{h_o}\right)} \tag{10}$$

5. Logaritmic Mean Temperature Difference (LMTD).

Perbedaan temperatur antara fluida panas dan dingin bervariasi sepanjang penukar kalor. Perbedaan temperature rata-rata logaritmik (log mean temperature difference = LMTD) yang merupakan bentuk perbedaan temperatur rata-rata yang digunakan dalam perhitungan laju aliran kalor pada

penukar kalor. Untuk menghitung laju aliran kalor sesuai persamaan :

$$Q = U A \Delta T_{LM} \tag{11}$$

$$\Delta T_{LM} = \frac{(\Delta T_1) - (\Delta T_2)}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \tag{12}$$

6. Metode Analisa Efektivitas – NTU

Pada analisis penukar kalor sering dijumpai problem penentuan laju aliran kalor atau temperatur outlet fluida panas dan dingin jika laju aliran massa, temperatur inlet serta ukuran penukar kalor telah diketahui. Dalam penyelesaian problem ini metode LMTD dapat digunakan, namun memerlukan proses iterasi. Metode yang lebih praktis untuk penyelesaian problem ini adalah menggunakan metode Efektivitas –NTU.

Metode efektivitas ini juga memiliki beberapa keuntungan untuk menganalisa soal-soal dimana kita harus membandingkan berbagai jenis *Heat Exchanger* guna memilih jenis yang terbaik dalam proses perpindahan panas.

Efektivitas *Heat Exchanger* didefinisikan sebagai berikut : (J.P. Holman Hal. 498)

$$\epsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor nyata}}{\text{Perpindahan kalor maksimum yang terjadi}} \tag{13}$$

Untuk menghitung efektivitas Heat Exchanger aliran cross flow dinyatakan dengan persamaan : (J.P. Holman Hal. 507)

$$\epsilon = 1 - \exp \left[\frac{\exp(-NTU \times C \times (NTU)^{-0,22} - 1)}{C \times (NTU)^{-0,22}} \right] \tag{14}$$

$$NTU = \frac{U \cdot A}{C_{min}} \tag{15}$$

7. Energi Panas yang dilepaskan oleh gas buang

Gas buang yang dihasilkan pada proses pembakaran motor Diesel masih memiliki energi panas yang bisa dimanfaatkan. Besarnya energi yang dilepaskan oleh gas buang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{gas\ buang} = \dot{m}_{gas\ buang} \cdot C_p \cdot \Delta T_{gas\ buang} \tag{16}$$

laju aliran massa gas buang yang masuk pada *Heat Exchanger* dapat diperoleh dengan persamaan :

$$\dot{m}_{gas\ buang} = \rho_{gas\ buang} \cdot A \cdot u_g \tag{17}$$

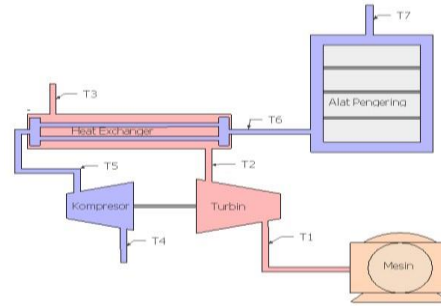
Dimana : A = luas penampang pipa yang dialiri gas buang , U_g = kecepatan gas buang, ρ_{gb} = massa jenis gas buang.

Energi yang diabsorb udara dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{udara} = m_u \times C_p (T_{uin} - T_{uout}) \tag{18}$$

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan bulan Juli sampai dengan bulan September 2014 yang dilakukan pada Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau. Pengujian dilakukan selama 90 menit dan pengamatan data dilakukan setiap 15 menit pada putaran mesin 1600 rpm dengan variasi beban pengering yaitu 1200 gram, 1000 gram dan 800 gram



Gambar 1. Skema Alat Pengujian

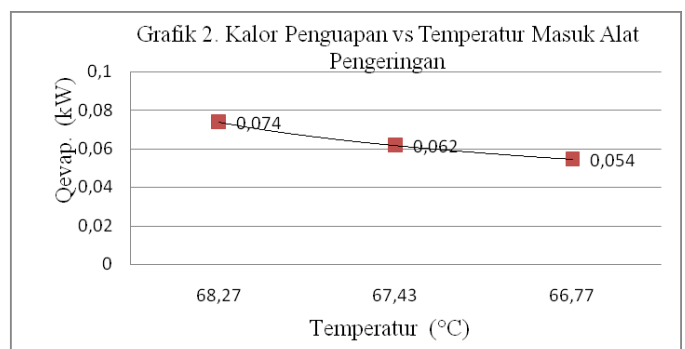
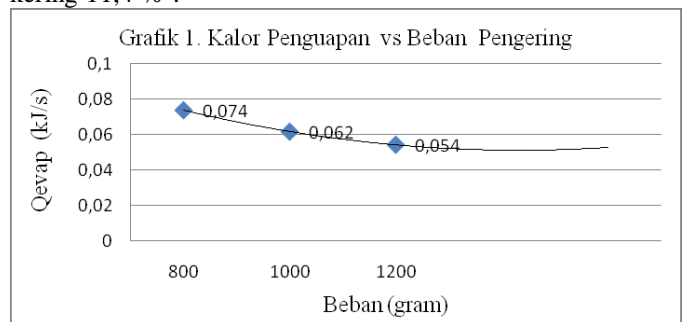
Keterangan :

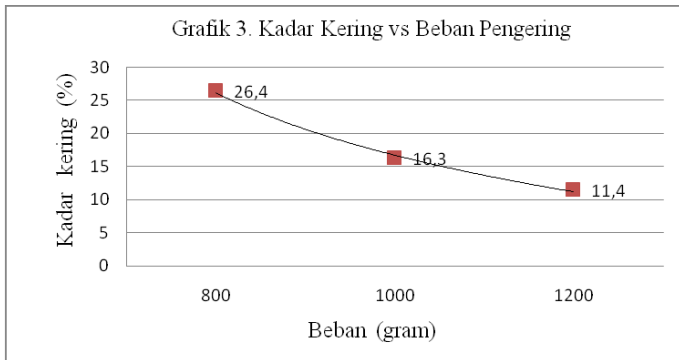
- 1. T_{gb}. masuk turbin
- 2. T_{gb}. keluar turbin
- 3. T_{gb}. keluar heat exchanger
- 4. T_{air}. masuk kompresor
- 5. T_{air}. keluar kompresor
- 6. T_{air}. keluar heat exchanger
- 7. T_{air}. keluar alat pengering

IV. ANALISIS MODEL DAN PEMBAHASAN

1. Kalor Penguapan dan Presentase Kadar Air Kering

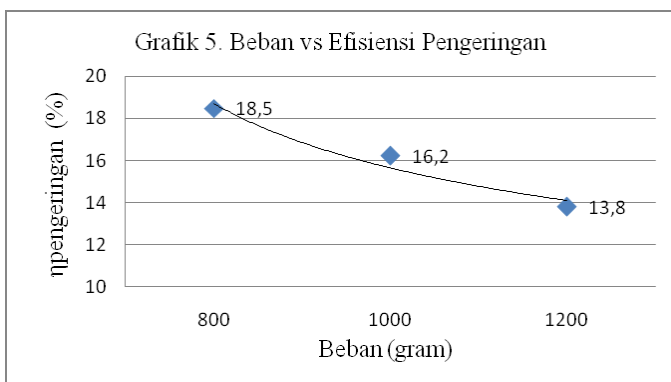
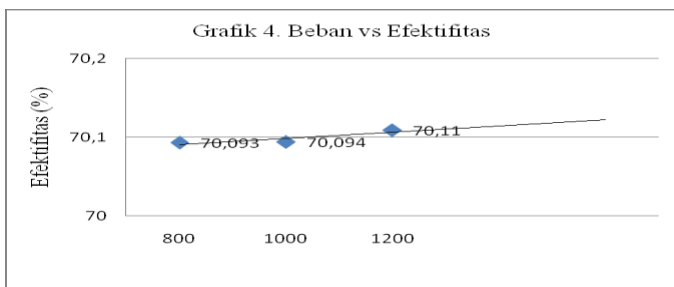
Berdasarkan grafik 1 dan 2 nampak bahwa kalor penguapan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya beban pengering, penurunan kalor penguapan juga diiringi dengan penurunan temperatur udara yang masuk pada alat pengering yaitu pada beban pengering 800 gram kalor penguapan 0,074 kW temperatur 68,27 °C, beban pengering 1000 gram kalor penguapan 0,062 kW temperatur 67,43 °C dan beban 1200 gram kalor penguapan 0,054 kW temperatur 66,77 °C. Dari grafik 3 nampak pula bahwa prosentase kadar air kering cenderung menurun seiring dengan meningkatnya beban pengering yaitu pada beban pengering 800 gram kadar air kering 26,4 % , beban pengering 1000 gram kadar air kering 16,3 % dan beban 1200 gram kadar air kering 11,4 % .





2. Efektivitas penukar kalor dan Efisiensi Pengering

Berdasarkan grafik 4 nampak bahwa efektivitas penukar kalor cenderung meningkat namun tidak signifikan dengan bertambahnya beban pengeringan dan berdasarkan grafik 5 nampak bahwa efisiensi pengeringan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya beban yang dimasukkan dalam alat pengering. Pada beban pengering 800 gram efektivitas penukar kalor 70,093 % efisiensi pengeringan 18,5 %, beban pengering 1000 gram efektivitas penukar kalor 70,094 % efisiensi pengeringan 16,2 % dan beban pengering 1200 gram efektivitas penukar kalor 70,11 % efisiensi pengeringan 13,8 %



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa selama 90 menit pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm diperoleh : pada beban pengeringan 800 gram kalor penguapan 0,074 kW kadar air kering 26,4 % efektivitas penukar kalor 70,093 % dan efisiensi pengeringan 18,5 % , pada beban pengering 1000 gram kalor penguapan 0,062

kW kadar air kering 16,3 % efektivitas penukar kalor 70,094 % dan efisiensi pengeringan 16,2 % serta pada beban pengering 1200 gram kalor penguapan 0,054 kW kadar air kering 11,4 % efektivitas penukar kalor 70,11 % dan efisiensi pengeringan 13,8 %.

B. Saran

Penelitian dengan memanfaatkan energi panas gas buang mesin dapat dilanjutkan baik sebagai sumber energi pengering maupun sebagai sumber energi lainnya. Pada proses pengering desain heat exchanger harus dibuat dengan teliti sehingga antara udara dan gas buang mesin tidak bersentuhan langsung akibat terjadinya kebocoran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Hasan. *Penelitian Pemanfaatan Langsung Sumber Energi Panas Bumi Untuk Pengeringan Kakao (Cokelat)*. (www.google.com, diakses pada tanggal 26 Juli 2014)
2. Ekadewi A. Handoyo, dkk. *Disain dan Pengujian Sistem Pengering Ikan Bertenaga Surya*. (www.google.com, diakses pada tanggal 26 Juli 2014)
3. Holman. J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Erlangga. Jakarta
4. Ismail Thamrin. *Rancang Bangun Alat pengering Ubi Kayu Tipe Rak dengan Memanfaatkan Energi Surya*. (www.google.com, diakses pada tanggal 26 Juli 2014)
5. Ihsan Nurhabibi. *Pemanfaatan Energi Batok Kelapa Untuk Pengeringan Kakao (Theobroma Cacao L) pada Alat Pengering Tipe Rak (Tray Dryer)*. (www.google.com, diakses pada tanggal 26 Juli 2014)
6. Kays, W.M. and Crawford. M.E. 1993. *Convective Heat and Mass Transfer*. McGraw-Hill, Inc., New York
7. Kakac, S. and Liu. H. 1998. *Heat Exchangers Selection, Rating, and Thermal Design*. CRC Press. Boca Raton Boston London New York Washington, D.C.
8. Kreith, F. 1991. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. Erlangga. Jakarta
9. Muardi. 2013. *Analisis Heat Exchanger Sebagai Alat Pengering Ikan dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel*
10. Ozisik, M.N. 1980. *Heat Conduction*. John Wiley & Sons, New York.