

PERBANDINGAN LAJU ALIRAN MASSA AIR PANAS TERHADAP AIR DINGIN YANG MASUK RUANGAN PENCAMPURAN

Aloyius Eddy Liemena

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura

ABSTRAK

Selama pencampuran air panas dan air dingin, kita mengadakan berapa banyak air panas dan air dingin yang dituangkan ke dalam ruang pencampuran.

Sasaran penelitian ini adalah menentukan kecenderungan perbandingan aliran air panas dengan temperatur 60°C dan aliran air dingin bertemperatur 10°C yang menghasilkan air hangat dengan variasi tempertur dari 45°C hingga 25°C .

Manfaat dari penelitian ini adalah memperdalam teori termodinamika dan mekanika fluida dan aplikasi teknik dan untuk bidang teknologi, terutama yang berhubungan dengan ruang pencampuran.

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah penguraian (descriptive) yaitu menganalisis aliran ajeg dari air panas dan air dingin yang memasuki ruang pencampuran yang emnghasilkan air hangat.

Dari pencampuran air panas pada temperatur 60°C tersebut dengan air dingin pada temperatur 10°C , yang menghasilkan air hangat dengan temperatur bervariasi dari 45°C hingga temperatur 25°C dan dengan kecenderungan perbandingan aliran air panas terhadap air dingin yang bervariasi dari 2,43 hingga 0,43 (menurun).

Kata kunci : Panas, dingin dan hangat.

ABSTRACT

In course of hot water mixing and the cool water, we are given on how manay hot water and the cool water pouring into the mixing column of second.

This research target is to determine tendency (fast trend) ratio of hot current with temperature 60°C to accelerate the cool current with 10°C of mixing column with temperature yelded gyrate from 45°C till 25°C .

Benefit expected from this research is deepen theory thermodynamics and fluid mechanics and technique application and for the related / relevant technological science area especially with mixing column making (mixing chamber).

Methodologies weared in this research is descriptive methodologies that is analyse a steady stream from hot water and the cool water entering an mixing column and which also yield warm water.

From hot water mixing at temperature 60°C with cool water at temperature 10°C , yielding warm water with temperature which vary from 45°C till temperature 25°C yield fast ratio degradation of hot current to cool water with variation of, y from 2,34 till 0,43 (downhill).

Keywords : Hot, Cool and Warm.

PENDAHULUAN

Penerapan-penerapan dalam bidang teknik, seumpama pencampuran dua aliran fluida bukan suatu kejadian yang jarang (a rare occurance). Asumsi yang dibuat adalah tekanan air panas, air dingin maupun air hangat yang dihasilkan dari pencampuran adalah ketiga aliran tersebut haruslah berada pada tekanan yang sama.

Dalam penelitian ini, yang dibuat adalah mencampur air dingin bertemperatur tertentu dengan air panas bertemperatur tertentu pula. Sehingga diharapkan suatu air hangat bertempertur tertentu pula.

Dalam proses pencampuran air panas dan air dingin kita dihadapkan pada berapa banyak air panas dan air dingin yang mengalir masuk ke dalam ruangan pencampuran tersebut perdetiknya. Oleh karena itu penelitian ini dibuat dengan judul : “ Perbandingan Laju Aliran Air Panas Dan Air Dingin Yang Masuk Ruangan Pencampuran “

Asumsi ketiga aliran yaitu air panas, air dingin dan air hangat yang dihasilkan dari proses pencampuran bertekanan sama (100 kPa) dan mengalami proses aliran ajeg / stabil (steady) yang memasuki ruangan pencampuran. Ruangan pencampuran itu sendiri juga dianggap sebagai volume atur (volume control).

LANDASAN TEORI.

Ruangan Pencampuran

Ruangan pencampuran tidak harus suatu ruangan yang terpisah / berbeda. Suatu elbow T atau Y pada sambungan pipa pancuran (shower) adalah suatu contoh ruangan pencampuran untuk dua aliran, airpanas dan air dingin.

Biasanya ruangan pencampuran terisolasi dengan baik, sehingga sangat kecil kemungkinan adanya perpindahan panas dan perpindahan panas tersebut dapat diabaikan ($q = 0$) dan ruangan tersebut tidak memiliki poros ataupun kawat tahanan listrik, sehingga pada ruangan tersebut tidak diperlukan kerja poros atau lainnya ($w = 0$). Juga energi kinetik maupun potensial dari aliran-aliran fluida, biasanya dapat diabaikan ($ek = 0$) dan ($ep = 0$), sehingga dari prinsip kekekalan energi didapat energi total yang masuk sama dengan energi campuran yang keluar. Dari prinsip kekekalan energi dinyatakan bahwa, kedua energi tersebut harus sama satu terhadap yang lainnya. Oleh karena itu persamaan kekekalan energi menjadi analog dengan persamaan ekekalan massa untuk hal ini.

Prinsip Kekekalan Massa Untuk Sistem Terbuka

(Massa total yang masuk ke sistem terbuka) dikurangi (massa total yang keluar dari sistem terbuka) sama dengan (perubahan massa di dalam sistem terbuka).

Dengan formulasi sebagai berikut :

$$\sum m_{masuk} - \sum m_{keluar} = \Delta m_{sistem-terbuka}.$$

Laju Aliran Massa

massa yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran massa dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho \cdot V_{rerata.A}, \frac{kg}{s}$$

dengan :

$$\rho = \text{kerapatan massa}, \frac{kg}{m^3} = \frac{1}{\nu}$$

$$V_{rerata} = \text{kerapatan rerata fluida}, \frac{m}{s}$$

$$A = \text{luas penampang saluran}, m^2.$$

Laju Aliran Volume

Volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran volume, dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{V} = V_{rerata.A}, \frac{m^3}{s}$$

Hubungan antara \dot{m} dan \dot{V} adalah :

$$\dot{m} = \delta \cdot \dot{V} = \frac{\dot{V}}{\nu}$$

Prinsip Kekekalan Energi Untuk Sistem Terbuka

(Energi total yang melewati batas sistem berupa panas dan kerja) ditambah (energi total dari massa yang masuk sistem terbuka) dikurangi (energi total dari massa yang keluar dari sistem terbuka) adalah sama dengan (perubahan energi di dalam sistem terbuka). Yang diformulasikan sebagai berikut :

$$Q - W + \sum E_{masuk} - \sum E_{keluar} = \Delta E_{sistem-terbuka}$$

Kerja Aliran

$$W_{aliran} = F.L = P.A.L = P.V, \text{ kJ.}$$

Sedangkan kerja aliran persatuan massa adalah :

$$W_{\text{aliran}} = P \cdot v, \frac{kJ}{kg}$$

Energi Total Suatu Fluida Yang Mengalir Persatuan Massa

= $P \cdot v + (u + ek + ep)$, dan $P \cdot v + u = h$, sehingga :

$$= h + ek + ep$$

$$= h + \frac{V^2}{2} + gz, \frac{kJ}{kg}$$

dengan :

$$P \cdot v = \text{kerja aliran persatuan massa}, \frac{kJ}{kg}$$

$$h = \text{enthalpi persatuan massa}, \frac{kJ}{kg}$$

$$V = \text{kecepatan rerata}, \frac{m}{s}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi}, \frac{m}{s^2}$$

$$z = \text{ketinggian system}, m$$

Proses Aliran Ajeg/Stabil (Steady)

Suatu proses aliran ajeg/stabil adalah suatu proses yang terjadi dalam periode waktu yang lama dengan kondisi yang konstan.

Karakteristiknya antara lain :

Tidak ada perubahan sifat-sifat (intensif atau ekstensif) di dalam sistem terbuka jadi volume V , massa m , dan energi total E dari sistem terbuka tetap konstan selama suatu proses aliran ajeg. Jadi kerja pada batas sama dengan nol untuk suatu sistem aliran ajeg (karena $V_{\text{sistem-terbuka}} = \text{konstan}$).

Kekekalan Massa Untuk Proses Aliran Ajeg/Stabil

(Massa total yang masuk sistem terbuka persatuan waktu) = (massa total yang keluar dari sistem terbuka persatuan waktu).

Atau :

$$\sum \dot{m}_{\text{masuk}} = \sum \dot{m}_{\text{keluar}}, \frac{kg}{s}$$

Untuk sistem dengan sepasang saluran masuk dan keluar maka persamaan di atas menjadi:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

atau :

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_2$$

$$\left(\frac{1}{\nu_1}\right) V_1 \cdot A_1 = \left(\frac{1}{\nu_2}\right) V_2 \cdot A_2$$

dengan :

$$\rho = \text{kerapatan massa}, \frac{m}{V}, \frac{kg}{m^3} = \frac{1}{\nu}$$

$$\nu = \text{volume jenis}, \frac{V}{m}, \frac{m^3}{kg} = \frac{1}{\rho}$$

$$V = \text{kecepatan rerata dalam arah aliran}, \frac{m}{s}$$

$$A = \text{luas penampang normal arah aliran}, m^2$$

Kekekalan Energi Untuk Proses Aliran Ajeg/Stabil

berupa panas dan kerja persatuan waktu) = (energi total yang keluar dari sistem terbuka dengan massa

persatuan waktu) dikurangi (energi total yang masuk sistem terbuka dengan massa persatuan waktu). Diformulasikan sebagai berikut :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{keluar} \cdot \theta_{keluar} - \sum \dot{m}_{masuk} \cdot \theta_{masuk}$$

dengan :

$$\theta = h + \left(\frac{V^2}{2} \right) + gz = h + ek + ep.$$

Jadi :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{keluar} \cdot \left(h_{keluar} + \frac{V_{keluar}^2}{2} + gz_{keluar} \right) - \sum \dot{m}_{masuk} \cdot \left(h_{masuk} + \frac{V_{masuk}^2}{2} + gz_{masuk} \right)$$

Untuk sistem dengan sepasang saluran masuk dan keluar maka didapat :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} \left[h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right]$$

atau :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta ek + \Delta ep], \text{ kw}$$

Kemudian persamaan ini, dibagi dengan \dot{m} , menjadi :

$$q - w = \Delta h + \Delta ek + \Delta ep, \frac{kJ}{kg}$$

Dengan :

$$q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}} = \text{perpindahan panas persatuan massa, } \frac{kJ}{kg}$$

$$w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}} = \text{kerja persatuan massa, } \frac{kJ}{kg}$$

Jika Δek dan Δep diabaikan maka persamaan kekekalan energi untuk sistem terbuka (volume atur) dengan sepasang saluran masuk dan keluar, yang mengalami proses aliran stabil (a single stream steady flow system), akan menjadi :

$$q - w = \Delta h, \frac{kJ}{kg}$$

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kecenderangan (trend) rasio laju aliran massa air panas dengan temperature 60 °C terhadap laju massa air dingin dengan temperature 10 °C yang masuk ruangan pencampuran dengan temperature yang dihasilkan berkisar dari 45 °C hingga 25 °C.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah pendalaman dan aplikasi teori termodinamika teknik dan mekanika fluida untuk bidang ilmu teknologi terutama yang terkait dengan pembuatan suatu ruangan pencampuran (mixing chamber).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metodologi deskriptif yaitu menganalisis proses aliran ajeg / stabil (steady) dari aliran massa air panas dan dingin yang melalui ruangan pencampuran yang menghasilkan aliran massa air yang hangat

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah temperatur (T) dan enthalpi persatuan massa sedangkan variabel tak bebas adalah rasio laju aliran massa air panas terhadap laju aliran massa air dingin (y), jadi y fungsi dari T dan h atau $y = f(T, h)$.

Lokasi yang dipakai untuk penelitian ini adalah Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon.

Sumber data : tabel temperatur-air jenuh (saturated water-temperatur table).

Analisis data : dari data yang didapat dari tabel temperature-air jenuh (saturated water-temperatur table) diambil enthalpy ketiga macam aliran massa yaitu panas, dingin, & hangat maka dapatlah dihitung rasio y, laju aliran massa air panas terhadap laju aliran massa air dingin.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari persamaan kekekalan massa untuk aliran stabil :

$$\sum \dot{m}_{masuk} = \sum \dot{m}_{keluar}$$

atau :

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

Tidak ada perpindahan panas atau kerja yang melewati batas sistem ($\dot{Q} = 0, \dot{W} = 0$) dan energi kinetik dan potensial dipandang dapat diabaikan ($ek = 0, ep = 0$). Maka persamaan kekekalan energi untuk aliran ini adalah :

$$\begin{aligned} \dot{Q} - \dot{W} = \\ \sum \dot{m}_{keluar} \left(h_{keluar} + \frac{V_{keluar}^2}{2} + gz_{keluar} \right) - \\ \sum \dot{m}_{masuk} \left(h_{masuk} + \frac{V_{masuk}^2}{2} + gz_{masuk} \right) \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = 0, \dot{W} = 0$$

$$V_{masuk}^2 = 0, V_{keluar}^2 = 0$$

$$z_{masuk} = 0, z_{keluar} = 0$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \sum \dot{m}_{masuk} . h_{masuk} = \sum \dot{m}_{keluar} . h_{keluar} \\ \dot{m}_1 . h_1 + \dot{m}_2 . h_2 = \dot{m}_3 . h_3 \end{aligned}$$

atau :

$$\dot{m}_1 . h_1 + \dot{m}_2 . h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) . h_3$$

Pembagian dengan \dot{m}_2 :

$$\text{Didapat : } y = \frac{h_3 - h_2}{h_1 - h_3}$$

$$\text{Dimana : } y = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2}$$

= adalah rasio laju aliran massa air panas terhadap laju aliran massa air dingin.

Temperatur jenuh dari air pada tekanan 100kPa adalah 99,63 °C. Oleh karena temperature dari ketiga aliran massa berada dibawah temperature jenuh tersebut ($T < T_{jenuh}$), air pada ketiga aliran tersebut berada sebagai air tak jenuh (compressed liquid). Enthalpi persatuan massa suatu cairan jenuh pada temperature yang diberikan yaitu : $h = h_f$ pada T

Hasil perhitungan rasio laju aliran massa air panas terhadap air dingin, y.

T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C	h ₁ kJ/kg	h ₂ kJ/kg	h ₃ kJ/kg	y
60	10	45	251,13	42,01	188,45	2,34
60	10	42,5	251,13	42,01	178,01	1,86
60	10	40	251,13	42,01	167,57	1,50
60	10	37,5	251,13	42,01	157,13	1,22
60	10	35	251,13	42,01	146,68	1,00

T_1 °C	T_2 °C	T_3 °C	h_1 kJ/kg	h_2 kJ/kg	h_3 kJ/kg	y
60	10	32,5	251,13	42,01	136,23	0,85
60	10	30	251,13	42,01	125,79	0,67
60	10	27,5	251,13	42,01	115,34	0,54
60	10	25	251,13	42,01	104,89	0,43

Dari pencampuran air panas pada 60 °C dengan air dingin pada temperatur 10 °C, yang menghasilkan air hangat dengan temperature yang bervariasi dari 45 °C hingga 25 °C menghasilkan penurunan rasio laju aliran massa air panas terhadap laju aliran massa air dingin dengan variasi y , dari 2,34 hingga 0,43.

KESIMPULAN.

Air panas yang masuk ruangan pencampuran dengan temperatur konstan sebesar 60 °C, demikian juga air dingin yang masuk dengan temperature konstan sebesar 10 °C.

Temperatur jenuh dari air pada tekanan 100 kPa adalah 99,63 °C terlihat pada table termodinamika untuk air jenuh (tabel tekanan).

Enthalpi adalah fungsi dari hanya temperature dan oleh karena temperature dari ketiga aliran berada dibawah temperature jenuh ($T < T_{jenuh}$), maka air pada ketiga aliran tersebut berada sebagai air tak jenuh (compressed liquid).

Suatu cairan tak jenuh dapat diperkirakan (approximated) sebagai suatu cairan jenuh pada temperature yang diberikan.

Enthalpi dari air panas, h_1 adalah konstan sebesar 251,13 kJ/kg dari table termodinamika untuk air jenuh (tabel temperatur).

Enthalpi dari air dingin, h_2 adalah konstan sebesar 42,01 kJ/kg dari table termodinamika untuk air jenuh (tabel temperatur).

Enthalpi air hangat yang dihasilkan, h_3 bervariasi dari 188,45 kJ/kg hingga 104,89 kJ/kg (menurun).

Dari pencampuran air panas pada temperature 60 °C dengan air dingin pada temperature 10 °C, yang menghasilkan air hangat dengan tempertur yang bervariasi dari 45 °C hingga temperature 25 °C menghasilkan penurunan perbandingan laju aliran massa air panas terhadap laju aliran massa air dingin dengan variasi, y dari 2,34 hingga 0,43.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahern, J.E., 1980, "The Exergy Method of Energy Systems Analysis", Wiley, New York.
- Bannister, R.L. and Silvestri, G.J., 1989, "The Evolution of Central Station Steam Turbines", Mechanical Engineering, pp.70-78.
- Black, W.Z. and Hartley, J.G., 1985, "Thermodynamics", Harper & Row, New York.
- Bejan, A., 1988, "Advanced Engineering Thermodynamics", Wiley, New York.
- Djodihardjo, H., 1985, "Dasar-Dasar Termodinamika", PT Gramedia, Jakarta.
- Giles, R.V. dan Soemitro, H.W., 1993, Mekanika Fluida dan Hidraulika, Edisi Kedua (SI Metrik), Erlangga, Jakarta.
- Howel, J.R. and Buckius, R.O., 1987, "Fundamental of Engineering", McGraw-Hill, New York.
- Jones, J.B. and Hawkins, G.A., 1986, "Engineering Thermodynamics", 2nd ed., Wiley, New York.
- Karlekar, B.V., 1983, "Thermodynamics for Engineering", Prentice-Hall, Engewood Cliffs, New York.
- Rifkin, J., 1980, "Entropy", The Viking Press, New York.
- Shapiro, A.H., 1953, "The Dynamics and Thermodynamics of Compresible Fluid Flow", Vol.1, Ronald Press Company, New York.
- Van Wylen, G.J. and Sonntag, R.E., 1985, "Fundamentals of Classical Thermodynamics", 3rd ed., Wiley, New York.