

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN DESIGN

1. Menghitung Reaktor pirolisis
Penghitungan reaktor pirolisis

Dimensi Reaktor

- Diameter reaktor (D) : 20 cm
- Jari jari (r) : $\frac{1}{2} \times D = \frac{1}{2} \times 20$ cm
10 cm
- Tinggi reaktor (t) : 30 cm
- Tebal reaktor (x) : 0,5 cm
- Massa jenis *Stainless stell* : 8 gr/cm³

Luas Permukaan reaktor

Untuk merancang dimensi luas permukaan reaktor dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}L &= 2\pi.r(r + t) \\L &= (2 \times \frac{22}{7} \times 10 \text{ cm})(10\text{cm} + 30 \text{ cm}) \\&= (62,857 \text{ cm}) (40 \text{ cm}) \\&= (2514,285 \text{ cm}^2)\end{aligned}$$

Volume dan berat reaktor

Volume reaktor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Volume dalam reaktor

$$\begin{aligned}v_i &= \pi(r - x)^2(h - x) \\&= \frac{22}{7} (10 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm})^2 (30 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm}) \\&= (283,642 \text{ cm}^2) (29,5 \text{ cm}) \\&= 8.367,46 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Volume luar reaktor

$$\begin{aligned}v_0 &= \pi(r^2)(h) \\&= \frac{22}{7} \times (10 \text{ cm})^2 \times (30 \text{ cm}) \\&= 9.428,57 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Volume total bahan reaktor

$$\begin{aligned}v_t &= (v_0) - (v_i) \\&= 9.428,57 \text{ cm}^3 - 8.367,46 \text{ cm}^3 \\&= 1.061,11 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa reaktor

$$mr = \rho \times vt$$

$$= 8 \text{ g/cm}^3 \times 1.061,11 \text{ cm}^3$$

$$= 8.488,89 \text{ gr}$$

$$= 8,5 \text{ Kg}$$

2. Menghitung Kalor yang dibutuhkan

Energi yang untuk memutuskan rantai molekul 1 kg Cangkang biji karet adalah 18148.6 kJ (steady state). digunakan stainless steel ($\rho = 8.000 \text{ kg/ m}^3$) sebagai bahan baku reaktor dengan tebal reator 0,5 cm atau 0,005 m.

a. Tahap steady state

$$Q = 18148.6 \text{ Kj}$$

b. Tahap un-steady state

Kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan reaktor dapat dihitung dengan menggunakan

Persamaan :

$$M = 8,5 \text{ Kg}$$

$$C_p = 8,03 \text{ kJ/kgK}$$

$$T_1 = 25^\circ \text{ C} = 298 \text{ K} \quad T_2 = 500^\circ \text{ C} = 773$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$= 8,5 \text{ Kg} \times 8,03 \text{ kJ/kgK} (773 \text{ K} - 298 \text{ K})$$

$$= 32.421,125 \text{ Kj}$$

c. kalor yang dibutuhkan (Q)

kalor total (mt) dapat dihitung dengan Persamaan dibawah dengan menggunakan asumsi efisiensi tungku 50 %. Sehingga Daya tungku dapat dihitung (Holman, 2010). Proses pirolisis berlangsung dalam 2 tahap yaitu tahap steady state yang berlangsung selama 1200 detik dan un steady state yang berlangsung selama 4200 detik, sehingga waktu proses (t) adalah ; 5400 detik.

$$Q \text{ total} = \frac{\text{massa steady state} + \text{massa un steady state}}{50\%}$$

$$= \frac{18148.6 \text{ Kj} + 32.421,125 \text{ Kj}}{50 \%}$$

$$= 427.814,25 \text{ Kj}$$

Maka daya tungku yang dibutuhkan untuk sekali proses adalah

$$\text{Daya tungku} = \frac{427.814,25 \text{ Kj}}{5400 \text{ s}}$$

$$= \frac{2,535 \text{ kg} \times 48.846 \text{ kJ} / \text{kg}}{5400 \text{ s}}$$

$$= 79,224 \text{ kJ/s}$$

3. Menghitung pada kondenser

Data perancangan

a. Sistem kondensasi

1. Suhu

Suhu produk keluar = 60 °C (CIBSE 2001)

Suhu produk masuk = 100 °C

Suhu air masuk = 25 °C

Suhu air keluar = 35 °C

2. Dimensi pipa tembaga yang digunakan

Diameter dalam = 0,012 m

Diameter luar = 0,013 m

k tembaga = 0.8 W/m.°C

Perancangan Sistem Kondensasi

1. Konveksi pada kondenser

$$T_f = \frac{60^\circ\text{C} + 35^\circ\text{C}}{2}$$

$$= 48$$

Besarnya konveksi pada kondensner adalah (hotman, 2010)

$$h = 0.555 \left[\frac{\rho(\rho_v - \rho) \times g \times k^3 \times h'_{fg}}{\mu \times d \times (T_g - T_w)} \right]^{1/4}$$

dimana properly persamaan diatas merupakan property air dalam bentuk cairan (liquid) pada suhu film (T_f) dan h'_{fg} serta ρ_v merupakan properti pada suhu jenuh T_g

Dimana modifikasi nilai dari enthalpy of vaporization:

$$h'_{fg} = h_{fg} + 0.375 c_{p,liquid} (T_g - T_w)$$

$$h'_{fg} = 2371 \text{ kJ/kg} + 0.375(4180 \text{ J/kg.K})(60 - 35 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$= 41558,5 \text{ kJ/kg}$$

Karakteristik saturated water (liquid) pada suhu 45 °C (Tabel A- 15 Cengel 2008)

Densitas ρ = 990,1 kg/m³

Panas spesifik cp	= 4180 J/kg.K
Konduktivitas termal k	= 0,637 W/m.K
Viskositas dinamik μ	= 0,000596 kg/m.s
Bilangan Prandtl Pr	= 3,91

Karakteristik saturated water (vapor) pada suhu 45°C (Tabel A-15 Cengel 2008)

Enthalpy penguapan h_{fg}	= 2371 kJ/kg
Densitas ρ_v	= 0,1045 kg/m ³
Panas spesifik cp	= 4180 J/kg.K

$$h = 0.555 \left[\frac{\rho(\rho_v - \rho) \times g \times k^3 \times h'_{fg}}{\mu \times d \times (T_g - T_w)} \right]^{1/4}$$

$$h = 0.555 \left[\frac{990,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (990,1 - 0,01045) \text{kg} \times \frac{9,8 \text{m}}{\text{s}} \times \left(\frac{0,6 \text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K} \right)^3 \times 41558,5 \text{ kJ/kg}}{0,000596 \text{ kg/m.s} \times 0,02 \text{m} (55 - 35^\circ\text{C})} \right]^{1/4}$$

$$h = 2720,9212$$

2. Konduksi pada luar kondeser

$$R_s = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_t}\right)}{2 \times \pi \times k} = 0,015917584$$

3. Konveksi pada luar condenser

$$T_f = \frac{25^\circ\text{C} + 35^\circ\text{C}}{2}$$

$$= 30^\circ\text{C}$$

Karakteristik Air pada 22.5 °C (Tabel A-15 Cengel 2008)

Densitas ρ	= 997,5 kg/m ³
Panas spesifik cp	= 4181 J/kg.K
Konduktivitas termal k	= 0,6025 W/m.K
Viskositas dinamik μ	= 0,0009465 kg/m.s
Bilangan Prandtl Pr	= 6,575
Viskositas kinematik	= 0,00016315 (m ² /s)
Koefisien ekspansi β (/K)	= 0,221
ΔT	= 25
Panas spesifik cp	= 1007 J/Kg

$$Re = \frac{\rho u x}{\mu} \quad Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T x^3}{\mu^2} \quad Pr = \frac{c_p \mu}{k}$$

X= characteristic dimension

$$re = \frac{997,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1 \times 0,023 \text{ m}}{0,0009465 \text{ kg/m.s}}$$

$$= 796,8409875$$

Kemudian diperoleh bilangan Nusselt (Nu) nya untuk aliran pipa dengan jenis aliran turbulen dengan nilai $1.5 < Pr < 500$ dan $3000 < Re < 10^6$:

$$Nu = 3,66 + \frac{0,0688 \times D \times re \times Pr}{1 + (0,04 \times D \times re \times Pr)^{\frac{2}{3}}}$$

$$Nu = 3,66 + \frac{0,0688 \times 0,013 \text{ m} \times 796,8409 \times 0,7275}{1 + (0,04 \times 0,013 \text{ m} \times 796,8409 \times 0,7275)^{\frac{2}{3}}}$$

$$= 4,017680097$$

Maka besarnya konveksi ho

$$ho = Nu \frac{k}{x}$$

$$= 4,0176 \times \frac{0,026065 \text{ W/m.K}}{0,013 \text{ m}}$$

$$= 8,055448 \text{ W/m.}^\circ\text{k}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{2403,2084} + 0,015917584 + 1}$$

$$= 7,121255028$$

Gas hasil pirolisis cangkang biji karet diasumsikan mirip udara. Laju aliran massa yang diharapkan untuk proses pirolisis cepat dengan rendemen cairan 50-60% dalam waktu proses 1 jam yaitu: **Karakteristik gas pada 32.5 °C** (Tabel A-15 Cengel 2008)

$$m = 1,1545 \times 3,14 \times \frac{0,013 \times 1}{4}$$

$$= 0,000153162$$

Dimana ρ merupakan densitas gas (kg/m³), v merupakan kecepatan laju gas (m/s), dan A adalah luas penampang pipa kondenser (m²). Setelah mendapatkan laju aliran massa kemudian dilakukan perhitungan laju pindah panas yang terjadi pada kondenser:

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T$$

$$= 0,000153162 \times 1007 \times (100 - 60)$$

$$= 6,169354988$$

$$AT = 48,46219689$$

Luas permukaan (A) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan :

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_{overall}}$$

$$= \frac{6,16935499}{7,12125503 \times 48,4621}$$

$$= 0,017876402$$

Panjang kondensor (L) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan:

$$L = \frac{A}{\pi \times d}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,017876402}{3,1429 \times 0,013} \\ &= 0,437534326 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dibutuhkan kondensor sepanjang 43,7 cm