

PERANCANGAN INSULATION MATERIAL MESIN MIXER KAPASITAS 6,9 LITER DAN PUTARAN 280 Rpm

Andri P. Siregar¹, Alfian Hamsi², M. Sabri³, Indra⁴, Ikhwansyah Isranuri⁵, Bustami Syam⁶
^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
andrepairuliansiregar@rocketmail.com

ABSTRAK

Proses pencampuran dimaksudkan untuk membuat suatu bentuk uniform dari beberapa konstituan bahan cair, pasta, dan padat. Dalam kehidupan nyata alat pencampur (*mixer*) dapat menghasilkan suatu produk dengan homogenitas yang lebih tinggi daripada pencampuran bahan yang dilakukan secara manual atau tanpa alat (dengan tangan saja). Dalam hal ini mesin mixer dengan menggunakan elemen pemanas merupakan penemuan terbaru yang belum ada dipasaran. Pada mesin ini variasi suhu dan putaran bisa diatur ketika proses pencampuran, dilengkapi dengan insulation material berbahan rockwool untuk menahan panas tidak keluar dari sistem. Panas yang terjadi pada rockwool adalah 76,11°C, panas yang terjadi pada pelat aluminium adalah 55,72 °C dan efisiensi sistem bejana pemanas 51,55 %.

Kunci : mixer, elemen pemanas, insulation, rockwool, efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Dalam sebuah industri, mesin dan alat merupakan sarana penunjang yang paling penting bagi kelancaran produksi. Untuk dapat bersaing dengan yang lain suatu industri harus bekerja secara efektif dan efisien. Cara kerja yang demikian dapat dicapai bila industri tersebut didukung oleh sistem manajemen yang baik dan juga bantuan mesin dan alat penunjang produksi yang tepat.

D.S.Dickey (1988) mengatakan proses pencampuran merupakan salah satu proses yang penting dan sering dijumpai pada sebuah industri [1]. Pada proses pencampuran ini sebagian besar produk dihasilkan. Bahan baku dapat diolah dan dicampurkan dengan bahan – bahan lainnya. Mesin yang biasa digunakan untuk proses pencampuran ini disebut *mixer*. Proses pencampuran dimaksudkan untuk membuat suatu bentuk uniform dari beberapa konstituan baik liquid/ solid (pasta) atau solid/ solid dan kadang liquid-gas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Rockwool

Pada tahun 1987, Komisi Brundtland mendefinisikan keberlanjutan sebagai pembangunan yang memenuhi dengan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya sendiri (Brundtland, 1987) [2]. Untuk bahan isolasi, ini berarti bahwa mereka harus diproduksi dan digunakan dengan cara yang menghemat sumber daya yang paling dengan dampak sekecil mungkin pada sumber daya, manusia dan alam selama siklus hidup penuh produk.

2.2. Aluminium

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (*corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain*) (USGS). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

2.3. Isolasi

Isolasi panas ditandai dengan konduktivitas panasnya yang rendah dan oleh karena itu mampu menjaga panas tertahan didalam atau diluar sistim dengan mencegah perpindahan panas ke atau dari lingkungan luar. Bahan- bahan isolasinya berpori dan mengandung sejumlah besar sel-sel udara yang tidak aktif. Sejumlah besar energi bisa hilang tanpa menggunakan isolasi atau jika isolasinya tidak efisien atau pemasangannya tidak benar.

2.4. Perpindahan Panas

2.4.1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas suatu benda yang partikel-partikel dalam benda tersebut menstransfer energi melalui tumbukan. Konduksi Panas hanya terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur.

Panas yang mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Menurut buku *Himsar Ambarita (2011)*, laju perpindahan panas konduksi dapat dinyatakan dengan *Hukum Fourier* [3].

$$\dot{Q} = -kA \left(\frac{T_2 - T_1}{L} \right)$$

Persamaan dapat disederhanakan menjadi persamaan yang dikenal dengan konsep *resistansi thermal* yang dianalogikan dengan resistansi listrik. Hal ini karena laju aliran kalor dianggap sebagai sebuah aliran listrik yang mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah (perbedaan temperatur). Konsep resistansi thermal juga berlaku untuk kedua jenis perpindahan panas yang lain.

$$R = \left(\frac{L}{kA} \right)$$

2.4.2. Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi di antara permukaan benda dan suatu fluida. Menurut buku *Himsar Ambarita (2011)*, perpindahan panas konveksi adalah perpaduan perpindahan panas konduksi dengan suatu aliran fluida [4]. Perpindahan panas konveksi terdiri dari tiga jenis, yaitu konveksi paksa aliran dalam, aliran luar, dan alamiah. Apabila aliran fluida disebabkan oleh *blower/fan* maka disebut konveksi paksa dan apabila disebabkan oleh gradien massa jenis maka disebut konveksi alamiah. Pada umumnya laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan hukum persamaan pendinginan Newton ,yaitu sebagai berikut:

$$\dot{Q} = h A (T_s - T_f)$$

Nilai koefisien konveksi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$h = \frac{N_u k}{L}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung bilangan Reynold adalah sebagai berikut:

$$R_e = \frac{\rho UL}{\mu}$$

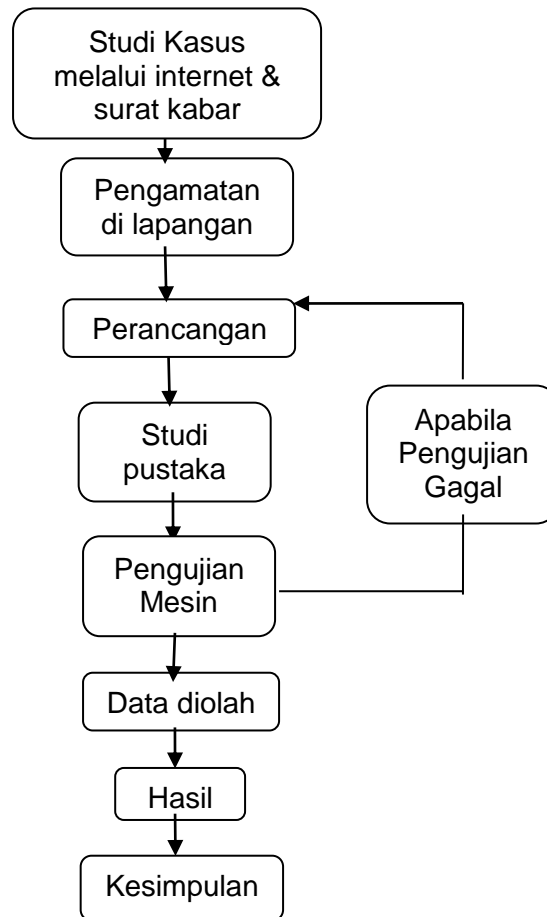
3. METODOLOGI

3.1. Objek

Dalam skripsi ini yang menjadi objek perancangan adalah Insulation Material pada elemen pemanas dari mixer, dimana penulis menggunakan Rockwool dan pelat aluminium sebagai insulation materialnya. Pengaruh rockwool terhadap panas yang diserapnya dari elemen pemanas, kehilangan panas, keuntungan dan kerugian rockwool dapat di lihat dalam skripsi ini.

3.2. Metode Perancangan

Di bawah ini dapat dilihat bagan proses perancangan yang dilakukan penulis untuk menulis skripsi.



Gambar 1 Bagan proses penulisan skripsi

3.3. Lokasi dan Waktu Perancangan

3.3.1. Lokasi Perancangan

Lokasi penelitian dan perancangan yang dilakukan oleh penulis adalah di Jalan Ngumban Surbakti, GG. Bunga Sedap Malam VIII-B dan Lab Bengkel Teknik Mesin USU.

3.3.2. Waktu Perancangan

Penulis melakukan perancangan selama 4 bulan, mulai dari tanggal 11 Februari – 11 Juni 2013.

3.4. Sumber Data

Adapun Sumber data yang diperoleh penulis dalam perancangan ini berasal dari:

3.4.1. Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh dengan peninjauan secara langsung ke toko-toko penjualan mesin. Data primer tersebut adalah hal-hal yang berkenaan dengan mesin mixer seperti :

- [1] Spesifikasi komponen alat-alat dan bahan yang digunakan untuk rancangan mesin.
- [2] Harga setiap komponen alat-alat dan bahan dari mesin mixer, serta harga mesin mixer yang sudah beredar dipasaran.
- [3] Studi banding antara mesin mixer yang penulis rancang dengan mesin mixer yang beredar dipasaran.

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui journal dan skripsi yang sudah ada serta situs internet tentang mixer, kemudian penulis melakukan studi kepustakaan dengan mempelajari buku-buku atau hal-hal yang berhubungan dengan mixer, khususnya tentang elemen pemanas dan insulation material, kemudian data diolah untuk bahan membuat tugas sarjana.

3.5. Data yang Diambil

Data yang diambil berupa spesifikasi alat-alat yang akan dirancang, serta fungsi dan rumus perhitungan setiap bagian-bagian alat pada mesin mixer. Kemudian data yang sudah ada dibandingkan dengan data yang akan penulis rancang. Selanjutnya ke tahap pembuatan mesin dan diakhiri dengan pengujian mesin mixer untuk mendapatkan kapasitas dari mesin.

3.6. Perancangan Mesin Mixer

Pada perancangan mesin mixer ini ada beberapa tahapan yang dilakukan dari perancangan kapasitas, penentuan daya penggerak, perencanaan daya motor dan perencanaan komponen-komponen pendukung dari mesin mixer.

3.6.1. Menentukan Kapasitas Maksimum

Jadi kapasitas maksimum bejana adalah :

$$\begin{aligned} V &= \pi/4 \cdot D_j^2 \cdot Z \\ &= \pi/4 \cdot (280)^2 \cdot (112) \\ &= 6892928 \text{ mm}^3 \\ &= 6,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ V &= 6,9 \text{ Liter} \end{aligned}$$

3.6.2. Menentukan Daya Pengaduk

Menurut *Kent's (1950)*, dalam menentukan daya pengaduk factor yang harus diperhatikan adalah diameter bejana aduk, panjang pengaduk, putaran pengaduk, tinggi dasar bejana aduk ke pengaduk, level kapasitas maksimum, viskositas dan densitas bahan yang akan diaduk [5]. Dari beberapa komponen inilah kita dapat menentukan daya pengaduk. Dari rumus daya pengaduk dapat dihitung dengan cara :

$$H_p = (1,29 \times 10^{-4}) (D_j^{1,1}) (L^{2,72}) (N^{2,86}) (Y^{0,3}) (Z^{0,6}) (\mu^c) (\rho^{0,86})$$

$$H_p = (1,29 \times 10^{-4}) (D_j^{1,1}) (L^{2,72}) (N^{2,86}) (Y^{0,3}) (Z^{0,6}) (\mu^c) (\rho^{0,86})$$

$$H_p = (1,29 \times 10^{-4}) (0,280^{1,1}) (0,120^{2,72}) (4,66^{2,86}) (0,053^{0,3}) (Z^{0,6}) (217 \times 10^2)^{1,33} (915^{0,86})$$

$$H_p = (1,29 \times 10^{-4}) (0,2465323) (0,00313) (81,58) (0,41427) (0,112^{0,6}) (585452,205) (352,2266)$$

$$H_p = 174,256 \text{ Watt}$$

$$H_p = 0,174 \text{ KW}$$

3.6.3. Merencanakan Daya Motor Penggerak

Menurut M.F. Spott (1990), daya perencanaan dihitung dengan rumus [6] :

$$P_d = P \cdot f_c$$

maka :

$$P_d = 0,174 \text{ KW} \times 1,07$$

$$P_d = 0,1865 \text{ KW}$$

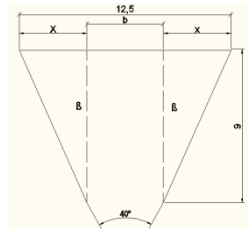
3.6.4. Merencanakan Ukuran Pasak Dan Alur Pasak

Gaya geser terjadi pada penampang mendatar $b \times l$ (mm^2) oleh gaya F (Kg) dengan demikian tegangan geser τ_k (Kg/mm^2) yang dihasilkan adalah:

$$\tau_k = \frac{F}{b \cdot l}$$

3.6.5. Merencanakan Sabuk penggerak

Sabuk merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk memindahkan daya dan putaran pada jarak sumbu poros yang relatif panjang yang ditempatkan pada sebuah pulli.



Gambar 2 Permukaan Sabuk V

➤ **Type Sabuk Yang dipakai adalah type A**

Dimana:

$$\begin{aligned}
 2\beta &= 40^0 \\
 \beta &= 20^0 \\
 \text{tg } \beta &= \frac{x}{9} \\
 x &= \text{tg } 20^0 \\
 &= 3,275 \text{ mm} \\
 b &= 12,5 - 2x \\
 &= 12,5 - 2(3,275) \\
 &= 5,95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

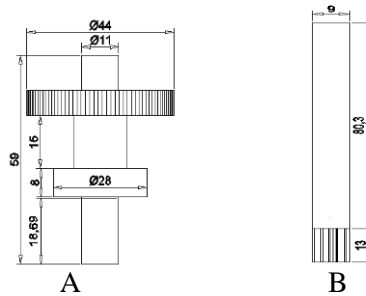
➤ **Mecari Luas sabuk**

$$\begin{aligned}
 A &= 9.b + (2x \cdot 0,5 \cdot x \cdot 9) \\
 &= (9 \cdot 5,95) + (2 \cdot 3,275 \cdot 0,5 \cdot 3,275 \cdot 9) = 83,025 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Menentukan Panjang Sabuk**

$$\begin{aligned}
 L &= 2C + \frac{\pi}{2} (dp + Dp) + \frac{1}{2} (Dp - dp)^2 - \frac{1}{4C} (Dp - dp)^2 \\
 &= 2C + \frac{\pi}{2} (dp + Dp) + \frac{1}{4C} (Dp - dp)^2 \\
 &= 2(33) + \frac{\pi}{2} (6 + 10) + \frac{1}{4(33)} (10 - 6)^2 \\
 &= 91,24 \text{ cm} \\
 L &= 912,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.6.6. Merencanakan Roda Gigi



Gambar 3 Perancangan Poros Roda Gigi sebagai Pereduksi Putaran (a) Roda gigi besar (b)

Roda gigi Kecil

$$P_d = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right) \left(2\pi \frac{n_1}{60}\right)}{102}$$

$$\begin{aligned}
 0,1892 &= \frac{\left(\frac{T}{1000}\right) \left(2 \cdot 3.14 \frac{1680}{60}\right)}{102} \\
 0,1892 &= \frac{\left(\frac{T}{1000}\right) (175,84)}{102} \\
 189,2 &= \frac{T (175,84)}{102} \\
 19297 &= T (175,84) \\
 T &= \frac{19297}{175,84} \\
 T &= 153,14 \text{ kg.mm}
 \end{aligned}$$

Diameter poros motor yang direncanakan (d_s) adalah 9 mm, sehingga untuk mencari tegangan geser yang diijinkan τ_a (kg/mm^2) untuk pemakaian umum pada poros dapat dihitung dengan cara :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3}$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{7,3923} \cdot 3 \cdot 2,3 \cdot 153,14 \right]^{1/3}$$

$$d_s = [729]^{1/3}$$

$$d_s = 8,8 \text{ mm}$$

Untuk menentukan Effisiensi total roda gigi dapat dihitung dengan tahapan sebagai berikut

:

- Effisiensi Transmisi

$$\eta_R = 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{z_1 + z_2}{z_1 \times z_2} \right]$$

$$\eta_R = 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{9 + 54}{9 \times 54} \right]$$

$$= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{63}{468} \right]$$

$$= 1 - \frac{1}{7} [0,129]$$

$$= 1 - 0,018$$

$$= 0,981$$

$$= 98,1 \%$$

- Effisiensi Mekanis

$$\eta_{Max} = \eta_R \times \eta_{bantalan}$$

$$\eta_R = 98,1 \% \times 95\%$$

$$= 0,981 \times 0,95$$

$$= 0,93195$$

$$\eta_{Max} = 93,195 \%$$

- Kerugian Daya

$$P_g = P_{max} - (1 - \eta_{max})$$

$$P_g = 0,1865 (1 - 0,93195)$$

$$= 0,1865 (0,06805)$$

$$= 0,0126 \text{ kw}$$

- Effisiensi Total

$$\eta_{total} = \left[\frac{P_{max} - P_g}{P_{max}} \right] 100 \%$$

$$= \left[\frac{0,1865 - 0,0126}{0,1865} \right] 100 \%$$

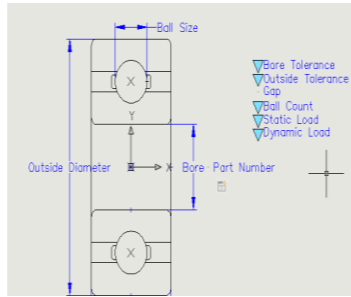
$$= \left[\frac{0,1739}{0,1865} \right] 100\%$$

$$= 93,24 \%$$

3.6.7. Merencanakan Bantalan pada Roda Gigi

Data bantalan :

- [1] Kapasitas nominal bantalan dinamis (C) = 360 kg
- [2] Kapasitas nominal statis (CO) = 196 kg
- [3] Diameter lubang (d)= 10 mm
- [4] Diameter luar (D)= 26 mm
- [5] Lebar cincin (B)= 14 mm
- [6] Jari-jari t (r)= 8 mm
- [7] Putaran transmisi= 1680 rpm
- [8] Daya pada bantalan= 4,21 KW



Gambar 4 Kontruksi Bantalan Gelinding

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Insulation Material pada Elemen Pemanas

Pada sistem pemanasan pada mesin ini digunakan insulation yang bertujuan untuk menahan panas keluar sistem agar tidak banyak energi yang terbuang, dalam hal ini energi berupa energi panas (kalor). Maka diperlukan insulation material untuk mengurangi kerugian energi yang terbuang. Untuk insulain material digunakan rockwool dan plat aluminium.



(A) (B)

Gambar 5 (a) Rockwoll dan (b) Plat Aluminium

4.2. Pemilihan Bahan-bahan Isolasi

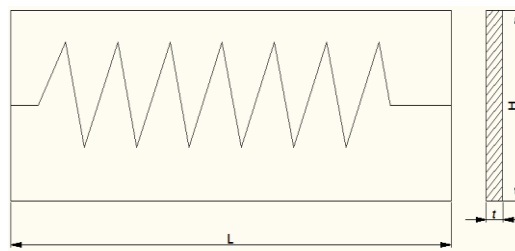
Faktor - faktor penting yang harus dipertimbangkan ketika memilih bahan - bahan isolasi adalah:

- [1] Suhu operasi sistim
- [2] Jenis bahan bakar yang sedang dibakar
- [3] Ketahanan bahan terhadap panas, cuaca dan kondisi yang merugikan
- [4] Konduktivitas panas bahan
- [5] Diffusivitas panas bahan
- [6] Kemampuan bahan bertahan pada berbagai kondisi, seperti kejutan panas, getaran dan serangan bahan kimia
- [7] Ketahanan bahan terhadap nyala/api
- [8] Daya tembus/permeabilitas bahan
- [9] Biaya total, termasuk pembelian, pemasangan dan perawatan.

4.3. Perancangan Elemen Pemanas

- Merencanakan ukuran dimensi Elemen Pemanas

Dalam perancangan ini harus diketahui dimensi dari elemen pemanas agar nantinya dapat berguna untuk perhitungan selanjutnya.



Gambar 6 Permukaan Elemen Pemanas

- Menghitung Panjang elemen pemanas.

$$L = 2 \pi r$$

$$L = 2 \pi (0,140)$$

$$L = 0,87 \text{ m}$$

- Menentukan Luas Permukaan Elemen Pemanas
Untuk tebal elemen pemanas disimbolkan dengan $t = 3 \text{ mm}$ dan tinggi elemen pemanas disimbolkan dengan $H = 100 \text{ mm}$

$$A = H \times t$$

$$A = 0,01 \cdot 0,003$$

$$A = 0,00003 \text{ m}^2$$

- Menganalisa besar daya yang di bangkitkan dalam kawat harus dilepas melalui konveksi kedalam cairan:

$$P = I^2 R = q = h A_e (T_{\max} - T_{\min})$$

Dalam setiap tahap awal perencanaan beban alat pemanas terlebih dahulu yang harus di hitung adalah:

- ✓ Daya perencanaan
- ✓ Besar arus perencanaan
- ✓ Rugi daya
- ✓ Tahanan,hambatan(*RESISTOR*)
- ✓



Gambar 7 Keterpasangan elemen pemanas dengan bejana aduk

Sehingga untuk mencari daya digunakan rumus:

$$P = I \cdot V$$

$$2400 = I \times 220$$

$$I = \frac{2400}{220}$$

$$I = 10,9 \text{ A}$$

$$I = 11 \text{ A}$$

Untuk mengetahui besarnya tahanan:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{220}{11}$$

$$R = 20 \Omega$$

Menurut hukum termodinamika untuk menganalisa suhu perencanaan dapat diketahui setelah melalui beberapa tahap dalam menganalisa temperatur (*suhu*).

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dengan demikian kita dapat menentukan nilai ketetapan relatifitas elemen pemanas:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$20 = \rho \frac{0,87}{0,00003}$$

$$\rho = \frac{0,0006}{0,87}$$

$$\rho = 0,000689 \Omega \text{ m}$$

$$\rho = 0,69 \Omega \text{ mm}$$

Menghitung besarnya koefesien konveksi dari elemen pemanas jenis mika:

$$P = h A_e (T_{\max} - T_{\min})$$

$$2400 = h (0,00003) (0,87) (300 - 50)$$

$$2400 = h (0,006525)$$

$$h = \frac{2400}{0,006525}$$

$$h = 367816,092 \text{ watt/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Menghitung besarnya kalor yang dihasilkan persatuan volume (q) dapat dihitung dari:

$$\rho = q \cdot v$$

$$0,0000689 = q (0,00003) (0,87)$$

$$0,000689 = q (0,00002610)$$

$$q = \frac{0,000689}{0,0000261}$$

$$q = 26,39 \text{ } \Omega\text{m}$$

Menghitung banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 115 °C untuk jenis bahan Termoplastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dengan kata lain kita dapat mengetahui kenaikan suhu yang dipengaruhi oleh massa dan jenis jat. Maka banyaknya kalor (Q) dapat dicari dengan rumus:

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

Dalam hal ini kita harus menentukan besarnya massa jat (LDPE). kita dapat mencarinya dari besarnya kapasitas maksimum dari bejana aduk, dimana besarnya kapasistas maksimum adalah sebesar 0.0069 m³ dan besarnya massa jenis jat (LDPE) sebesar 915 kg/m³ dengan demikian dapat diketahui besarnya massa jat dengan rumus:

$$915 = \frac{m}{0,0069}$$

$$m = 6,9135 \text{ kg}$$

dengan ini kita dapat mencari kalor yang dibutuhkan dimana $c_p = 2,1 \text{ KJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ dan $\Delta T = (T_2 - T_1)$, $T_2 = 115 \text{ } ^\circ\text{C}$ dan $T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$, maka:

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

$$Q = 6,9135 \times 2100 \times (115 - 30)$$

$$Q = 1234059,75 \text{ Joule}$$

Jika 1KJ = 3600 KWH, maka:

$$Q = \frac{1234,05975}{3600}$$

$$Q = 0,342 \text{ KWH}$$

Kalor yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 115 °C dalam satuan watt adalah 0,342 KWH, dari perancangan elemen pemanas yang ada di atas dapat kita lihat, elemen pemanas sangat memungkinkan untuk mengkondisikan energi yang dibutuhkan karena daya maksimum elemen pemanas adalah 2400 watt atau 2,4 KW.

4.4. Perancangan Insulation Material

4.4.1. Perancangan Rockwool

- Menghitung Panjang Rockwool

$$L = 2 \pi R$$

$$L = 2 \pi (0,14)$$

$$L = 0,88 \text{ m}$$

- Menentukan Luas permukaan Rockwool

Untuk tebal rockwool disimbolkan dengan $t = 40 \text{ mm}$ dan tinggi rockwool disimbolkan dengan $H = 240 \text{ mm}$.

$$A = H \times t$$

$$A = 0,24 \times 0,04$$

$$A = 9,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

4.4.2. Perancangan Plat Aluminium

- Menghitung panjang aluminium

$$L = 2 \pi R$$

$$L = 2 \pi (0,16)$$

$$L = 1,0048 \text{ m}$$

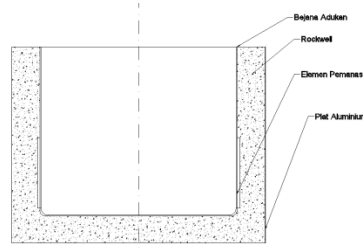
- Menentukan luas permukaan aluminium

Untuk tebal plat aluminium disimbolkan dengan $t = 0,2 \text{ mm}$ dan tinggi plat aluminium disimbolkan dengan $H = 240 \text{ mm}$.

$$A = H \times t$$

$$A = 0,24 \cdot 0,0002$$

$$A = 4,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$



Gambar 9 Konstruksi Insulation Material pada Elemen Pemanas

4.5. Menghitung Laju Perpindahan Panas pada Bejana Pengaduk

Menurut buku Ir. Sri Wahyuni, untuk menghitung koefisien perpindahan panas pada bejana atau berjaket/insuline dengan menggunakan rumus [7]:

$$\frac{h_j D_j}{k} = 0,36 \left[\frac{L^2 n \rho}{\mu} \right]^{2/3} \left[\frac{C \mu}{k} \right]^{1/3} \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{1/4}$$

$$\frac{h_j(0,280)}{0,32} = 0,36 (0,020086) (518,95) (1)$$

$$h_j(0,280) = 3,7525 \times 0,32$$

$$h_j(0,280) = 1,2008$$

$$h_j = \frac{1,2008}{0,280}$$

$$h_j = 4,28858 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4.6. Radius Kritis Isolasi

$$Q = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} + \frac{l_n r_2 / r_1}{2\pi k L} + \frac{l_n r_3 / r_2}{2\pi k_I L} + \frac{l_n r_4 / r_3}{2\pi k_{II} L} + \frac{1}{h_4 2\pi r_4 L}}$$

Menurut buku FHN (2005) “Soal-soal Perpindahan Panas”, untuk menghitung suhu persinggungan dapat dilakukan dengan cara [8] :



Gambar 10 Rangkaian Aliran Perpindahan Panas

➤ Antara Elemen Pemanas dengan Rockwool

$$T_{s,1} = T_{\infty,1} - \frac{Q}{h_1 2\pi r_1 L}$$

$$= 115 - \frac{51,51}{0,905}$$

$$= 115 - 57$$

$$T_{s,1} = 58 \text{ }^\circ\text{C}$$

➤ Pada Rockwool

$$T_2 = T_{s,1} - \frac{Q(l_n r_2 / r_1)}{2\pi k L}$$

$$= 58 - \frac{51,51(0,003565)}{22,75872}$$

$$= 58 - 0,0080688$$

$$T_2 = 57,992 \text{ }^\circ\text{C}$$

➤ Pada Aluminium

$$T_3 = T_2 - \frac{Q(l_n r_3 / r_2)}{2\pi k_I L}$$

$$= 57,992 - \frac{51,51 (0,2505)}{0,633}$$

$$= 57,992 - 20,384$$

$$T_3 = 37,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

➤ Pada dinding luar aluminium

$$T_{s,4} = T_3 - \frac{q(l_n r_4 / r_3)}{2\pi k_{II} L}$$

$$= 37,6 - \frac{51,51 (0,010742)}{357,2064}$$

$$= 37,6 - 0,0016$$

$$T_{s,4} = 37,5998 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Untuk menentukan efisiensi sistem bejana pemanas adalah:

$$\eta_{\text{sistem}} = \left[\frac{T_{\text{sistem}} - T_{s,4}}{T_{\text{sistem}}} \right]$$

$$\eta_{\text{sistem}} = \left[\frac{115 - 37,599}{115} \right] 100 \%$$

$$\eta_{\text{sistem}} = \left[\frac{77,401}{115} \right] 100 \%$$

$$\eta_{\text{sistem}} = 67,30 \%$$

Effisiensi sistem bejana pemanas adalah 67,30 %.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang dianalisa dan dihitung dari perancangan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Insulation material yang dirancang dapat menahan panas dimana :
 - Panas yang terjadi pada rockwool adalah $T_2 = 76,11 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Panas yang terjadi pada aluminium adalah $T_3 = 55,72 \text{ } ^\circ\text{C}$
2. Performance Insulation Material adalah :
 - Koefisien perpindahan panas pada insulation yang terjadi adalah $h_j = 6,432 \text{ } \text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
 - Laju perpindahan panas pada sistem bejana alir yang terjadi adalah $Q = 51,51 \text{ Watt}$
 - Effisiensi system bejana pemanas = 51,55 %

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.S.DICKEY.1988“*Mechanical Design of Mixing Equipment*”. Mix Tech, Inc.
- [2] http://www.rockwool.com/sejarah_rockwool.html
- [3] Ambarita, Himsar.2012”*Perpindahan Panas Konduksi (Penyelesaian Analitik dan Numerik)*. Medan : Departemen Teknik Mesin FT USU
- [4] Ambarita,Himsar.2011 “*Perpindahan Panas Konveksi dan Pengantar Alat Penukar Kalor*”. Medan: Departemen Teknik Mesin FT USU.
- [5] Kent’s.1950“*Mechanical Engineers’s Handbook*”, Twelfth Edition Design and Production Voleme, Tokyo Japan: Wiley Toppan.
- [6] Spott,M.F.,1987 ”*Design Of Machine Element*”, Fifth Edition, Prentice - Hall : New – Jersey
- [7] Wahyuni Sri. Ir,1990 “*Perpindahan Panas*” Erlangga : Jakarta
- [8] FHN.2005 “*Penyelesaian Soal-Soal Untuk Perpindahan Panas*”.Medan : Departemen Teknik Mesin FT USU