

MODIFIKASI *FLUID BED GRANULATOR* GLATT WSG 200 UNTUK PRODUKSI HERBADRINK DI PT KONIMEX

Mark Johannes Kristiono¹⁾, Ekadewi Anggraini Handoyo²⁾

Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}

Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}

Phone:+62-856-467-210-17¹⁾, +62-31-84390408²⁾, Fax: +62-31-8417658²⁾

E-mail : markjohaneskristiono@gmail.com¹⁾, ekadewi@peter.petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

PT. Konimex memiliki mesin *Fluid Bed Granulator Glatt WSG 200* yang telah digudangkan dan akan digunakan kembali untuk mendukung proses produksi dari divisi lain. Granulator akan dipakai untuk menggranulasi Herbadrink dengan kapasitas yang lebih besar dari sistem yang lama sehingga diperlukan perhitungan ulang terhadap pemanas. Disamping itu mesin yang lama tidak memenuhi standar filtrasi BPOM dan perlu untuk diberi penurun kelembaban.

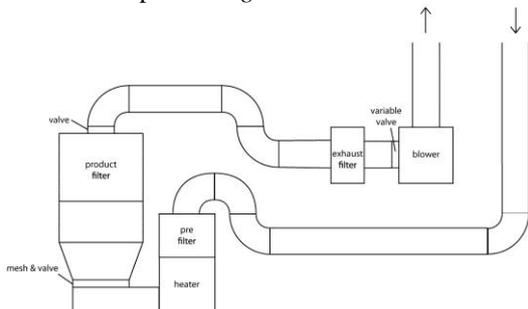
Pada tugas akhir ini dilakukan pemilihan filter, perhitungan kebutuhan dehumidifier dan desain pemanas yang diperlukan. Ketiga komponen ini ada di dalam AHU (Air Handling Unit).

Kebutuhan udara pengering sebesar 11740 m³/jam. Filter yang digunakan adalah 4 buah prefilter Camfil 30/30 G4 dengan nomer referensi 59413001, 4 buah medium filter AAF Varicel VXL F8 490x592x292, dan 4 buah HEPA filter AAF MegaCel 1 H13 610x762x292. Dehumidifier yang dipilih berupa penukar kalor compact dengan kemampuan refrigerasi sebesar 22,5 ton refrigerasi. Pemanas berupa suatu heat exchanger jenis crossflow staggered finned tube dengan jumlah baris 6, jumlah pipa/baris 19, $S_D = S_T = 58,8$ mm menggunakan pipa stainless steel SS316 1 inci SCH 5 panjang 1219,2 mm dengan stainless steel fin yang memiliki tebal 0,02 inci, tinggi 0,5 inci dan berjumlah 8 fin per inci panjang pipa. AHU diinsulasi dengan Conrock seri L setebal 56 mm.

Kata kunci: Filtrasi, Granulasi, Penukar Kalor, Finned Tube.

1. Pendahuluan

Granulasi adalah proses kunci dalam bidang farmasi [1]. Proses ini merupakan proses untuk memperbesar ukuran partikel padat menjadi partikel yang memenuhi kriteria tertentu. Manfaatnya adalah meningkatkan kemampuan alir, meningkatkan kemampuan kompresi, pengurangan debu pada lingkungan, meningkatkan kemampuan dispersi partikel, serta pemberian aroma produk. Ada beberapa cara untuk menggranulasikan partikel, yang biasa digunakan adalah dengan *Fluid Bed Granulator* dan proses *High Shear*.

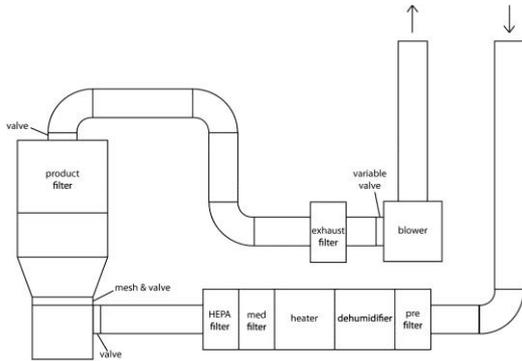


Gambar 1. Desain *Fluid Bed Granulator* lama

Prinsip kerja *Fluid Bed Granulator* adalah dengan memfluidisasi partikel padat dalam suatu kontainer yang kemudian disemprot dengan cairan yang berguna untuk membentuk jembatan antar partikel yang menyebabkan partikel teraglomerasi. Setelah mencapai ukuran yang diinginkan penyemprotan cairan dihentikan, kemudian dilakukan proses milling ulang untuk menyeragamkan ukuran granule. Setelah itu produk kembali dimasukkan

untuk fluidisasi tanpa penyemprotan yang bertujuan untuk mengeringkan *granule*. Fluidisasi dilakukan dengan cara meniupkan udara dari permukaan bawah kontainer. Udara tersebut didapat dari udara luar yang dikondisikan. Di dalam kontainer terdapat pula filter produk yang berguna untuk menjaga supaya partikel bahan penyusun tablet tidak terbuang keluar. Udara yang telah melewati kontainer dilewatkan pada filter.

PT. Konimex yang bergerak dalam industri farmasi memiliki sebuah mesin *Fluid Bed Granulator Glatt WSG 200* yang digudangkan karena digantikan oleh mesin baru. Seiring dengan perkembangan perusahaan, perusahaan memerlukan mesin granulator dan berkebijakan untuk menggunakan kembali mesin Glatt WSG 200 untuk mendukung proses produksi dari divisi lain. Namun mesin yang lama tidak lagi memenuhi standar dari BPOM dalam hal filtrasi, blower yang terdapat pada sistem yang lama juga sudah diambil untuk dipasang pada mesin lain. Disamping itu perusahaan juga ingin mengganti panel kontrol mesin yang dioperasikan secara pneumatik menjadi panel elektronik dengan PLC, menambahkan outlet pada bagian bawah mesin sehingga mempermudah proses pengeluaran produk, dan menambah pengondisian kelembaban pada udara yang digunakan. Oleh karena itu diperlukan perancangan ulang terhadap sistem untuk menentukan komponen-komponen yang digunakan supaya mesin dapat melakukan proses produksi dengan baik.



Gambar 2 Desain Fluid Bed Granulator baru

Modifikasi yang dilakukan pada sistem yang baru memerlukan perhitungan ulang untuk menentukan komponen yang tepat supaya mesin dapat digunakan dan mampu menghasilkan produk yang *propertiesnya* sama dengan produk pada sistem yang lama.

Menentukan spesifikasi filter, *dehumidifier*, desain pemanas, dan insulasi untuk menghasilkan pengeringan yang tepat pada mesin *Fluid Bed Granulator* dengan sistem yang baru.

Hasil desain sistem *Fluid Bed Granulator* Glatt WSG 200 dapat diterapkan pada proses granulasi produk Herbadrink yang berdasarkan standar BPOM.

Untuk mendapatkan hasil rancangan yang memenuhi standar yang berlaku, diperlukan ketentuan dan data untuk membatasi rancangan yang akan dibuat:

- Pemilihan komponen dilakukan dengan memperhatikan aturan BPOM.
- Pemilihan komponen dilakukan dengan memperhatikan aturan keselamatan kerja.
- Parameter pada proses granulasi di kontainer disesuaikan dengan kemampuan mesin sebelum dimodifikasi dan kebutuhan sistem yang baru.
- Pemilihan komponen dilakukan dengan pertimbangan perusahaan.

2. Metodologi

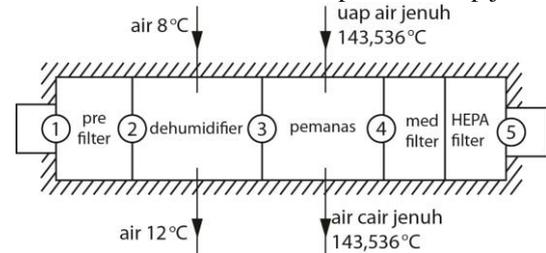
Perhitungan dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- Menghitung debit udara yang diijinkan
- Menghitung kebutuhan filter
- Menghitung kapasitas refrigerasi *dehumidifier*
- Menghitung energi panas yang diperlukan pemanas
- Menghitung koefisien konveksi udara
- Menghitung koefisien konveksi fluida pemanas
- Menentukan desain pemanas berdasarkan perhitungan
- Menghitung penurunan tekanan pada udara saat melewati pemanas
- Menghitung kebutuhan tebal insulasi dinding

3. Hasil dan Pembahasan

Dari perancangan atas data yang ada, ditentukan komponen yang dibutuhkan di sistem yang baru yaitu komponen filtrasi dengan 3 tingkatan, yaitu prefilter, filter medium dan filter HEPA, komponen *dehumidifier*

berupa penukar kalor yang berfluida kerja air, serta komponen pemanas berfluida kerja uap air. Suplai air dingin dari *chiller* masuk pada temperatur 8°C dan keluar pada 12°C. Suplai uap masuk pada fasa cair jenuh pada tekanan 4 bar absolut, dan keluar pada fasa uap jenuh.



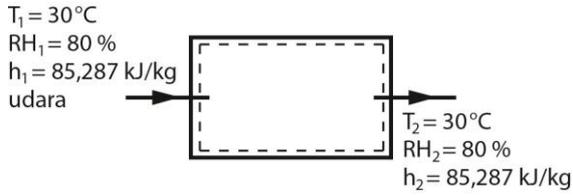
Gambar 3. Diagram AHU

Untuk menentukan komponen yang dibutuhkan, laju massa alir udara pada sistem yang baru harus diketahui terlebih dahulu. Pemilihan laju massa alir udara dilakukan dengan memilih laju aliran terbesar dari kemampuan mesin sebelum dimodifikasi, perbandingan laju aliran dengan sistem yang lama, dan kecepatan minimum fluidisasi, namun tidak melebihi kecepatan maksimum fluidisasi. Kecepatan minimum dan maksimum fluidisasi ditentukan berdasarkan [2] [3] [4] [5] [6]. Didapatkan kemampuan mesin sebelum dimodifikasi sebesar 2,629 kg/s, perbandingan laju aliran dengan sistem yang lama sebesar 3,429 kg/s, kecepatan minimum fluidisasi sebesar 0,539 kg/s, dan kecepatan maksimum fluidisasi sebesar 4,542 kg/s. Jadi laju aliran yang dipilih adalah sebesar 3,429 kg/s.

Dari data BPOM dalam hal filtrasi, udara tidak boleh memiliki partikel pengotor lebih dari 10.000 partikel dengan diameter 0,5 mikron per feet kubik, sehingga udara harus disaring minimum oleh filter HEPA berkelas H13. Dengan memperhatikan laju aliran dan katalog filter [7] [8] [9] yang tersedia di pasaran didapat bahwa filter yang digunakan harus berkapasitas besar, oleh karena itu dipilih filter AAF MegaCel I.

Untuk mengetahui jenis, jumlah, dan besar penurunan tekanan yang terjadi pada filter yang diperlukan, laju aliran udara dari hasil perhitungan sebelumnya dibagi dengan kapasitas laju aliran filter yang direkomendasikan pada berbagai ukuran filter. Melalui perhitungan didapatkan bahwa 4 buah filter berukuran 610x762x292 dapat digunakan.

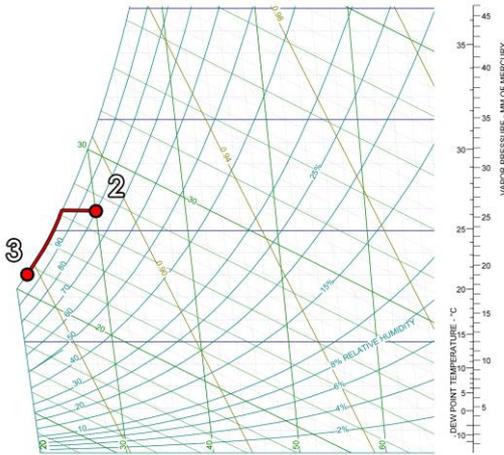
Untuk meringankan beban kerja dari filter HEPA, pada sistem juga digunakan prefilter bermerk Camfil 30/30 kelas G4 dan filter medium bermerk AAF VariCel VXL kelas F8. Pemilihan jenis dan jumlah filter dilakukan dengan melakukan perhitungan yang sama dengan pemilihan filter HEPA menggunakan data dari lampiran 8 dan 9, untuk masing-masing filter. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa 4 buah prefilter F8 Camfil 30/30 dengan nomer referensi 59413001 dan 4 buah filter medium AAF Varicel VXL F8 490x592x292 dapat digunakan.



Gambar 4. Volum Atur Filter

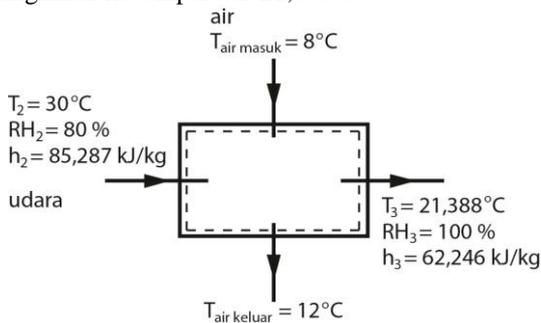
Pada saat melewati filter udara [10] tidak mengalami perubahan temperatur dan kelembapan.

Untuk menurunkan kadar uap air dalam udara sehingga memiliki kelembapan yang setara kondisi 30°C dan RH 60%, udara didinginkan.

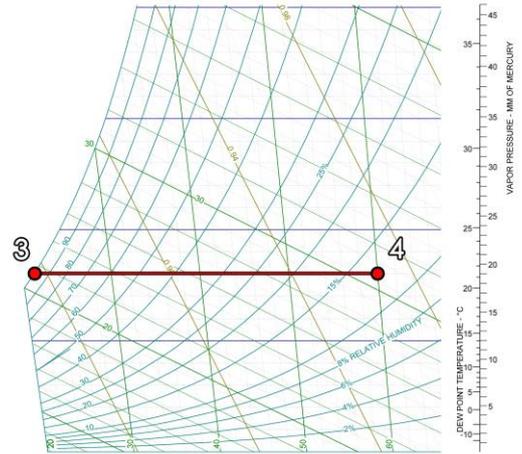


Gambar 5. Pendinginan pada Psikrometri (telah diolah kembali)

Dari psikometri [11] [12] [13] diketahui tekanan parsial udara pada 30°C, RH 60% adalah sebesar 25,476 mbar. Untuk mencapai titik tersebut, udara harus didinginkan ke temperatur 21,388°C.



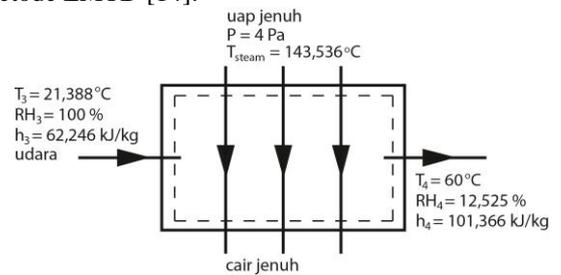
Gambar 6. Volum Atur Dehumidifier



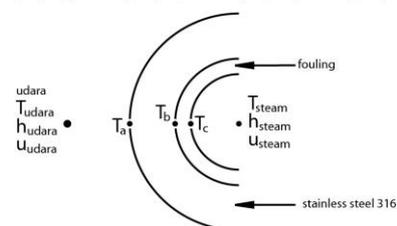
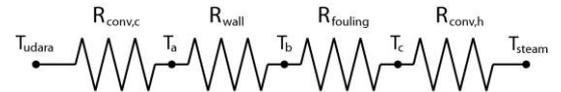
Gambar 7. Pemanasan pada Psikrometri (telah diolah kembali)

$q_{\text{refrigerasi}}$ yang dibutuhkan adalah sebesar 22,5 ton refrigerasi. Dengan data temperatur air masuk dan air keluar, dapat diketahui bahwa laju aliran massa air yang dibutuhkan adalah sebesar 16959,259 kg/hr.

Setelah dikeringkan, udara perlu dipanaskan hingga mencapai temperatur 60°C. Pemanas yang digunakan diambil dari kategori penukar kalor *compact* yaitu *finned tube*. Susunan *staggered* dipilih karena pada susunan ini proses *mixing* udara menjadi lebih baik sehingga pemanas memiliki perpindahan panas yang lebih baik dibanding susunan *aligned* [14] [15] [16]. Fluida pemanas uap yang saat masuk berfasa uap jenuh, dan keluar sebagai cair jenuh. Metode yang digunakan adalah metode LMTD [14].



Gambar 8. Volum Atur Pemanas



Gambar 9. Jala - Jala Termal Diagram Pemanas

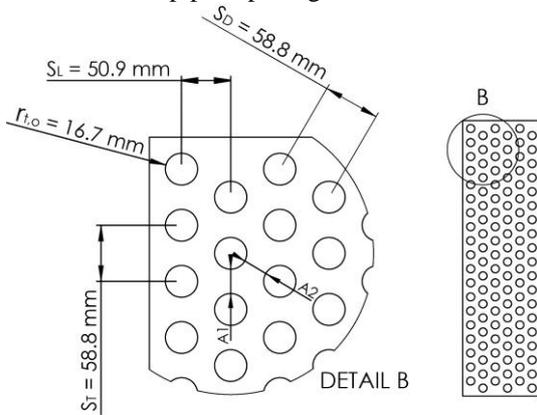
Total hambatan termal dihitung dengan persamaan:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_o hA)_c} + R_w + \frac{R''_{fh}}{(A)_h} + \frac{1}{(hA)_h} \quad (1)$$

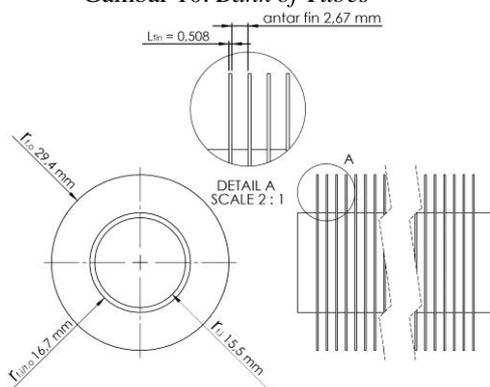
Dari data diatas didapat $q_{\text{pemanasan}}$ yang dibutuhkan sebesar 134149 W. Total hambatan termal yang diperlukan adalah sebesar 1320,077 Watt/K

Jenis elemen pemanas yang dipilih adalah finned

tube dengan pipa stainless steel 316 berdiameter 1 inci SCH 5. Schedule yang dipilih didasarkan pada tekanan uap dalam pipa yaitu 4 bar. Tekanan maksimal dalam pipa = 125 bar. Karena tekanan uap dalam pipa kurang dari 125 bar maka pipa dapat digunakan.



Gambar 10. Bank of Tubes



Gambar 11. Fin

$Nu_{D,c}$ dapat dihitung dengan:

$$Nu_{D,c} = C_2 C_1 Re_{D,max}^m Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{1/4} \quad (2)$$

$$Nu_{D,c} = 19,734$$

dan koefisien konveksi udara adalah:

$$h_c = Nu_{D,c} \frac{k}{D} \quad (3)$$

$$h_c = 15,406 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Untuk memperbesar luasan pemanas, digunakan *rectangular fin* cincin. Dari dokumentasi mesin dan ketersediaan bahan di pasar [17] [18], dipilih ukuran *fin* sebagai berikut:

$$r_{f,i} = 0,0167 \text{ m}$$

$$r_{f,o} = 0,0294 \text{ m}$$

$$L_{fin} = 0,5 \text{ inci}$$

$$t = 0,02 \text{ inci}$$

Didapatkan $\eta_f = 0,78$. Dengan mengetahui nilai η_f , η_o dapat diketahui sebesar 0,579.

Untuk mengetahui koefisien konveksi uap, bilangan Reynold harus diketahui untuk menentukan persamaan yang tepat. Bilangan Reynold = 1707,834. Karena $Re_{v,i} < 35000$ maka untuk menentukan h dari uap digunakan rumus

$$\overline{Nu}_D = \frac{h_D D}{k_f} = C \left[\frac{\rho_i (\rho_i - \rho_v) h'_{fg} D^3}{\mu_i k_f (T_{sat} - T_s)} \right]^{1/4} \quad (4)$$

$$Nu_{D,h} = 76,965$$

dan koefisien konveksi uap h_h sebesar 1759,194 W/m²K.

Dari data-data yang sudah diperoleh, diadakan pengujian untuk mengetahui apakah desain yang dibuat memenuhi pertukaran kalor yang dibutuhkan. Caranya adalah dengan menghitung ruas kanan dan ruas kiri dalam persamaan:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_o h A)_c} + R_w + \frac{R''_{f,h}}{(A)_h} + \frac{1}{(h A)_h} \quad (5)$$

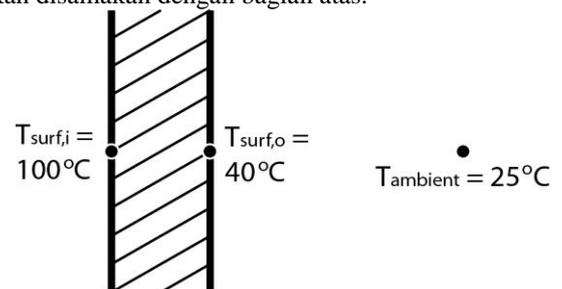
Jika ruas kanan sama dengan atau lebih besar dari ruas kiri, maka desain layak untuk digunakan. Hasil pada ruas kiri = 0,0007575 dan ruas kanan 0,0006911. Karena hasil ruas kiri lebih besar dari hasil ruas kanan, maka desain ini dapat mengakomodir perpindahan panas yang terjadi. Hasil rancangan pemanas adalah seperti gambar 10 dan 11. Pemanas yang dipilih adalah pemanas dengan desain *crossflow staggered finned tube* dengan jumlah baris 6, jumlah pipa/baris 19, $S_D = S_T = 58,8$ mm menggunakan pipa *stainless steel* 1 inci SCH 5 panjang 1219,2 mm dengan *stainless steel fin* yang memiliki tebal 0,02 inci, tinggi 0,5 inci dan berjumlah 8 *fin* per panjang pipa.

Setelah desain yang dibuat memenuhi standar, maka dicari penurunan tekan aliran udara saat memasuki penukar kalor. Persamaan yang dipakai diambil dari [19]:

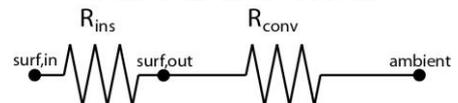
$$\Delta P = \frac{G^2}{2g_c \rho_i} \left[(1 + \sigma^2) \left(\frac{\rho_i}{\rho_o} - 1 \right) + f \frac{A_{surf,o} \rho_i}{A_{min} \rho_m} \right] \quad (6)$$

$$\Delta P = 307,601 \text{ Pa}$$

Untuk mencegah adanya kehilangan energi saat mesin bekerja dan untuk mengamankan mesin, maka mesin perlu diinsulasi. Karena mesin akan diletakkan diatas lantai, tebal insulasi pada bagian bawah mesin akan disamakan dengan bagian atas.



Gambar 12. Insulasi Mesin



Gambar 13. Jala-jala Termal Insulasi Mesin

Material insulasi yang digunakan harus memiliki hambatan termal yang baik serta dapat meredam suara ke lingkungan, oleh karena itu dipilihlah rockwool sebagai insulator. Rockwool yang dipilih bermerk ConRock dengan seri L [20].

Untuk mencari tebal insulasi yang dibutuhkan, perlu diketahui terlebih dahulu koefisien konveksi dari lingkungan sekitar. Oleh karena itu harus dicari terlebih

dahulu bilangan Rayleigh dan bilangan Nusseltnya. Perlu diperhatikan bahwa nilai bilangan Rayleigh berbeda antara sisi menyamping, dan sisi mendarat.

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \quad (8)$$

$$Ra_{L,side} = 2276017652$$

$$Ra_{L,top} = 554575970,7$$

Setelah bilangan Rayleigh didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap bilangan Nusselt dan koefisien konveksi udara.

Pada sisi samping:

$$Nu_{L,side} = 158,425$$

$$h_{side} = 3,467 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pada sisi atas:

$$Nu_{L,top} = 123,238$$

$$h_{top} = 4,318 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Melalui persamaan didapatkan ketebalan insulasi

Pada sisi samping 0,0553 m

Pada sisi atas 0,0445 m

Untuk memudahkan pemesanan, maka tebal insulasi yang digunakan adalah 56 mm untuk setiap sisi.

4. Kesimpulan

Dari data dan hasil perhitungan didapatkan klasifikasi filter yang digunakan untuk sistem yang baru adalah G4 untuk prefilter, F8 untuk medium filter, dan H13 untuk HEPA filter, juga harus memenuhi berkapasitas 11740 m³/jam. Oleh karena itu direkomendasikan untuk menggunakan 4 buah prefilter Camfil 30/30 G4 dengan nomer referensi 59413001, 4 buah medium filter AAF Varicel VXL F8 490x592x292, dan 4 buah HEPA filter AAF MegaCel I H13 610x762x292.

Dehumidifier yang dipilih berupa penukar kalor *compact* dengan kemampuan refrigerasi sebesar 22,466 ton refrigerasi.

Pemanas dengan desain *crossflow staggered finned tube* dengan jumlah baris 6, jumlah pipa/baris 19, $S_D = S_T = 58,8$ mm menggunakan pipa *stainless steel* 1 inci SCH 5 panjang 1219,2 mm dengan *stainless steel fin* yang memiliki tebal 0,02 inci, tinggi 0,5 inci dan berjumlah 8 *fin* per inci panjang pipa.

Mesin diinsulasi dengan Conrock seri L setebal 56 mm.

5. Daftar Pustaka

1. Lipsanen, T., (2008) "Process Analytical Technology Approach on Fluid Bed Granulation and Drying - Identifying Critical Relationships and Constructing the Design Space." Diss. Viikki., 2008.
2. Rhodes, Martin, ed. *Introduction to Particle Technology*. Chichester: John Wiley and Sons, Inc., 2008
3. Umich, (n.d.), Difussion and Reaction in Porous Catalysts, 4 June. 2013, <http://www.umich.edu/~elements/12chap/html/12prof2a.htm>
4. Jürgen, (n.d.), Dodecahedron Calculator, 1 June

- 2013, <http://rechneronline.de/pi/dodecahedron.php>
5. Jürgen, (n.d.), Icosahedron Calculator. 1 June 2013, <http://rechneronline.de/pi/icosahedron.php>
6. Jürgen, (n.d.), Octahedron Calculator. 1 June 2013, <http://rechneronline.de/pi/octahedron.php>
7. AAF International, 2012, MEGAcel I, 13 May 2013, <http://www.nelior.com>
8. AAF International, 2007, Varicel VXL, 13 May 2013, <http://www.tekfil.com/dosyalar/urunler/pdf/VaricelVXL0507.pdf>
9. Camfil Faar Asia & Middle East, 2011, Camfil Faar Asia Catalogue, 15 May. 2013, <http://www.camfil.com>
10. Weatherbase, 2013, Monthly Weather Averages Summary, 18 March 2013, <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=54869&cityname=Surakarta-Indonesia>
11. Akton Associates, 2011, Akton High Temperature Chart, 7 April 2013, http://www.aktonassoc.com/Akton_HighTempChart_SI.PDF
12. Sugartech, 2013, Psychrometric Calculator, 20 March. 2013, <http://www.sugartech.co.za/psychro/index.php>
13. Akton Associates, 2011, Akton High Temperature Chart, 7 April 2013, http://www.aktonassoc.com/Akton_HighTempChart_SI.PDF
14. Bergman, Theodore. L., et al. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2011
15. Shah, Ramesh K., Sekulic, Dusan P. *Fundamental of Heat Exchanger Design*. Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2003
16. Jones, W. P. *Air Conditioning Engineering*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2001
17. Atlas Steels Technical Service Department, 2010, Pressure Rating Tables for Stainless Steel Pipe, 28 May 2013, http://www.atlassteels.co.nz/documents/St_St_Pipe_Pressure_Rating_Charts_rev_Sep_2010.pdf
18. Saylor, 2011, A Tabel of the Most Common Standarad Pipe Sizes, 6 June 2013, <http://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2011/07/ME303-4.1.1.pdf>
19. Zare, Aliabadi., Noie, Seyed. Hussein., Khoshnoodi, and Mohammad; Atashi Hussein. "Experimental & Theoretical Investigation of Pressure Drop across Tube Bundle of a THPHE and Introducing a New Correlation." 5th International Chemical Engineering Congress and Exhibition (January 2008). 17 June 2013. <http://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1008605.pdf>
20. Roxul, 2013, Conrock for Sandwich Panel, 3 June 2013, http://www.rockwoolasia.com/files/RW-ASIA/Products/Datasheets/ConRock_CR%2002-201

3%200%20EN.pdf