PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

APLIKASI ATAPULGIT PADA SISTEM PENDINGIN GUDANG PENYIMPANAN HASIL PERTANIAN

Jenis Kegiatan:

PKM Penulisan Ilmiah

Diusulkan oleh:

Ika Nuryuni Kartika	F34104106 (2004)
M. Edy Shofiyanto	F34104118 (2004)
Haekal Saddam Husien	F34104129 (2004)
Ari Adrianto	F34060620 (2006)
Siti Sartika Hardiyanti	F34060643 (2006)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2008

HALAMAN PENGESAHAN
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

1. Judul Kegiatan : Aplikasi Atapulgit pada Sistem Pendingin Gudang Penyimpanan Hasil Pertanian
2. Bidang Ilmu : Teknologi dan Rekayasa
3. Ketua Pelaksana Kegiatan/Penulis Utama
   a. Nama Lengkap : Ika Nuryuni Kartika
   b. NIM : F341 04 106
   c. Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
   d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
   e. Alamat Rumah dan No Tel./HP : Jln. Balumbang Jaya RT.3 RW.5 No. 4 Babakan Lebak, Darmaga, Bogor ~~08998504721~~ 081911012995
4. Anggota Pelaksana Kegiatan/Penulis : 4 orang
5. Dosen Pendamping
   a. Nama Lengkap dan Gelar : Prayoga Suryadarma, STP, MT.
   b. NIP : 132 240 362
   c. Alamat Rumah dan No Tel./HP : Komplek Puri Matahari Persada D/21 Laladon, Bogor 0251 - 2145913

Bogor, 5 Maret 2008

Menyetujui, Ketua Departemen	Ketua Pelaksana Kegiatan
(Dr. Ir. Muhammad Romli, MSc)	(Ika Nuryuni Kartika)
NIP. 131 645 109	NIM. F341 04 106
Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan	Dosen Pendamping
(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS)	(Prayoga Suryadarma, STP, MT.)
NIP. 131 473 999	NIP. 132 240 362

LEMBAR PENGESAHAN SUMBER PENULISAN ILMIAH PKMI

1. Judul Tulisan yang Diajukan : Aplikasi Atapulgit pada Sistem Pendingin Gudang Penyimpanan Hasil Pertanian

2. Sumber Penulisan (beri tanda X yang dipilih)

( ) Kegiatan Praktek Lapang/Kerja dan sejenisnya. KKN, Magang, Kegiatan Kewirausahaan

(X) Kegiatan Ilmiah :

Program Kreativitas Mahasiswa Teknologi
Haekal Saddam Husien, Ika Nuryuni Kartika, M. Edy Shofiyanto, Rini Indriani P., Eka Puspitasari . 2007. Aplikasi Atapulgit pada Alat Pendingin Untuk Penyimpanan Hasil Pertanian. IPB Bogor.

National Innovation Contest ITB
M. Edy Shofiyanto, Ika Nuryuni Kartika, Dhika A. Rahim, M. Azharuddin., 2007. Aplikasi Atapulgit pada Alat Pendingin Hemat Energi. IPB Bogor

Keterangan ini kami buat dengan sebenarnya.

Bogor, 5 Maret 2008

Mengetahui
Ketua Departemen

(Dr. Ir. Muhammad Romli, MSc)
NIP. 131 645 109

Penulis Utama,

(Ika Nuryuni Kartika)
NIM. F341 04 106

APLIKASI ATAPULGIT PADA SISTEM PENDINGIN GUDANG PENYIMPANAN HASIL PERTANIAN

Ika Nuryuni Kartika, M. Edy Shofiyanto, Haekal Saddam Husien, Ari Adrianto, Siti Sartika Hardiyanti

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Atapulgit merupakan senyawa yang memiliki fungsi sebagai absorber kelembaban dari lingkungan serta memiliki ukuran pori yang kecil. Salah satu pemanfaatan kemampuan tersebut adalah dikembangkannya alat pendingin hemat energi yang dapat dioperasikan tanpa energi listrik. Aplikasi penting perancangan sistem pendingin ini adalah pada gudang penyimpanan komoditas hasil pertanian. Alat pendingin tersebut akan dioperasikan baik pada malam hari maupun pada siang hari. Pada malam hari atapulgit akan menyerap uap air pada ruangan penyimpanan sehingga kelembaban di dalam alat akan turun. Dengan terjadinya penurunan kelembaban maka suhu di dalam ruangan juga akan turun sehingga ruangan menjadi lebih sejuk. Sementara pada siang hari, atapulgit yang telah jenuh oleh uap air yang diserap dari dalam ruangan pada malam hari akan diuapkan secara paksa di bawah titik didihnya. Hal ini membutuhkan kalor yang berasal dari dalam ruangan. Dengan demikian suhu di dalam alat akan menjadi lebih sejuk. Pengujian terhadap kinerja atapulgit menunjukkan bahwa dalam waktu 5 jam penurunan suhu yang dapat dicapai sebesar 3,1 °C (28°C-24,9°C) dan kelembaban yang diturunkan sebesar 8% (75% - 67%). Berdasarkan kinerja tersebut, jumlah kalor yang dapat dipompakan ke luar ruangan pada fenomena malam hari oleh atapulgit adalah sebesar 1240 kal untuk volume ruang sebesar 2985 cm^3. Sementara pada siang hari kalor yang dapat dipompakan oleh setiap gram atapulgit pada kondisi jenuh adalah sebesar 80 kal. Dalam perancangan gudang penyimpanan hasil pertanian prakiraan jumlah atapulgit untuk ruangan berukuran 4 m x 4 m x 3 meter adalah sebanyak 142,2 kg.

Kata kunci : Atapulgit, penyimpanan, absorbsi, gudang, pertanian

PENDAHULUAN

Komoditas hasil pertanian merupakan jenis komoditas yang mempunyai sifat mudah mengalami kerusakan atau *perishable*. Kerusakan yang biasanya terjadi pada komoditas hasil pertanian sebagian besar disebabkan oleh penanganan pasca panen yang kurang baik sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas. Salah satu teknik untuk memperpanjang umur simpan produk pertanian adalah melalui penyimpanan pada suhu yang relatif rendah, salah satunya melalui ruangan penyimpanan yang dilengkapi dengan sistem pendingin (Syarief dan Halied 1991).

Pada umumnya, masyarakat hanya mengenal dan mempergunakan *refrigerator* maupun *air conditioner* sebagai sarana untuk mendinginkan ruangan penyimpanan. Namun kelemahannya adalah ketergantungan alat tersebut terhadap pasokan energi listrik yang jumlahnya terbatas terutama di pelosok daerah. Dengan demikian diperlukan adanya teknologi lain untuk memperoleh sistem pendingin yang pengoperasiannya tidak tergantung pada pasokan energi listrik. Pengkondisian ruangan hingga mencapai temperatur yang rendah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekanan, kelembaban, dan entalpi. Untuk tujuan tersebut, maka dipergunakan material yang dapat memompa kalor dari bahan yang ingin didinginkan dengan cara mengabsorbsi uap air yang terkandung di dalam material yang akan didinginkan.

Zat absorben merupakan suatu zat yang memiliki pori-pori. Bahan berpori ini mempunyai daya untuk mengurangi tekanan dengan memberi kesempatan kepada molekul-molekul dari uap air untuk masuk kedalam pori-pori tersebut serta memberi hambatan untuk mengeluarkannya.

Atapulgit dengan sifatnya yang baik sebagai absorben memungkinkan terjadinya penyerapan uap air dari lingkungannya sehingga sesuai digunakan dalam sistem pendingin tanpa listrik. Alat pendingin tersebut akan dioperasikan baik pada malam hari maupun pada siang hari. Pada malam hari atapulgit akan menyerap uap air pada ruangan penyimpanan sehingga kelembaban di dalam alat akan turun. Dengan terjadinya penurunan kelembaban, maka suhu di dalam ruangan juga akan turun sehingga ruangan akan menjadi lebih sejuk. Sementara pada siang hari, atapulgit yang telah jenuh oleh uap air yang diserap dari dalam ruangan pada malam hari, akan diuapkan dengan bantuan energi matahari. Hal ini akan menyebabkan terjadinya penguapan paksa dari molekul air yang bergerak pada pori-pori atapulgit dengan bantuan energi yang diambil dari dalam ruangan penyimpanan. Dengan demikian suhu di dalam ruangan akan turun dan ruangan menjadi lebih sejuk.

Penulisan karya ilmiah ini bertujuan untuk mengetahui kinerja atapulgit sebagai absorber kelembaban untuk pendinginan hasil pertanian. Ruang lingkup pembahasan meliputi karakterisasi atapulgit, observasi terhadap fungsi atapulgit sebagai penurun kelembaban, dan observasi terhadap fungsi atapulgit sebagai media penguapan paksa.

PENDEKATAN TEORITIS

Pendekatan dalam penulisan ilmiah ini dilakukan melalui observasi dan telaah pustaka untuk mengetahui karakteristik atapulgit, fungsi atapulgit sebagai penurun kelembaban ruangan, dan fungsi atapulgit sebagai media penguapan paksa. Data yang terkumpul akan diolah dengan mengelompokkan data berdasarkan kebutuhan pembahasan. Data tersebut akan digunakan untuk melaksanakan berbagai analisis pemecahan masalah. Diskusi dilakukan untuk memilih alternatif pemecahan masalah yang terbaik ditinjau dari berbagai aspek.

HASIL

Hasil observasi dan telaah pustaka terhadap atapulgit untuk mengetahui kinerja atapulgit sebagai absorben dalam pendingin tanpa listrik ini meliputi komposisi kimia atapulgit, ukuran pori atapulgit dibandingkan dengan absorben lain, dan hubungan keterkaitan antara suhu dengan kelembaban yang diturunkan melalui absorbsi oleh atapulgit. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Ukuran Pori Atapulgit Dibandingkan dengan Absorben Lain

Ukuran pori absorben berpengaruh terhadap proses difusi uap air ke dalam atapulgit. Ukuran pori atapulgit dibandingkan dengan absorben lainnya disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Ukuran Partikel Absorben

Nama Bahan	**Ukuran Pori**
Silika Gel	5 Å dan 3000 Å
Zeolit	< 10 A
Atapulgit	200 A
Sepiolite	15 A

Komposisi Kimia Atapulgit Sebagai Absorben Kelembaban

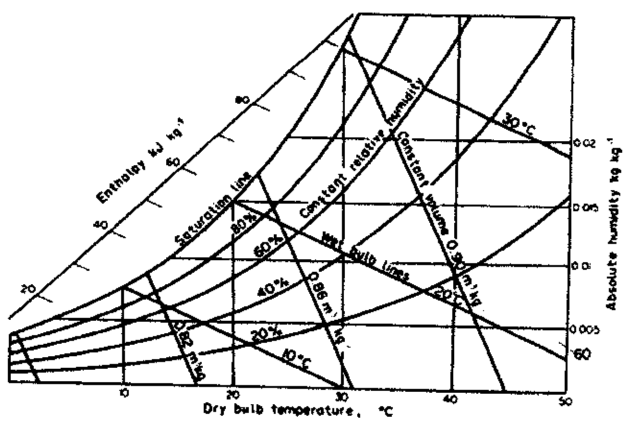
Komposisi kimia atapulgit sebagai absorben kelembaban disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Kandungan Bahan Kimia Atapulgit

Bahan Kimia	**Persentase (%)**	**Fungsi**
Silikon (SiO_2)	53,64	Absorben
Alumunium (Al_2O_3)	8,76	Absorben
Magnesium (MgO)	9,05	Absorben, katalis
Kalsium (CaO)	2,02	Katalis
Besi (Fe_2O_3)	3,36	Katalis
Phosphor (P_2O_3)	0,79	
Potasium (K_2O)	0,75	Katalis
Titanium (TiO_2)	0,60	Katalis
Natrium (Na2O)	0,83	
Mangan (MnO)	0,03	
H2O	9,12	

Psikometri

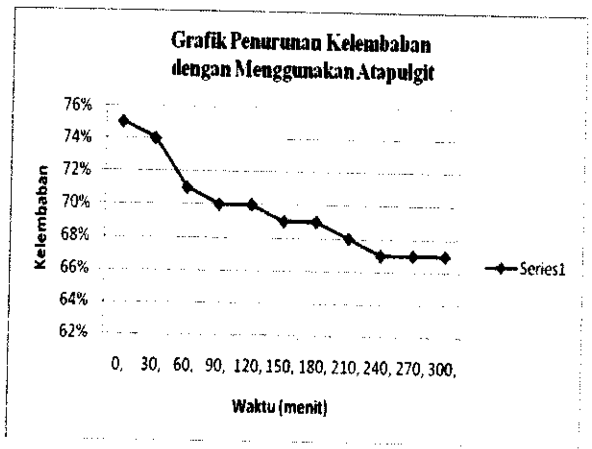
Psikometri terkait dengan penentuan karakteristik campuran dari gas dan uap. Hubungan keterkaitan antar bagian dalam psikometri disajikan dalam bentuk grafik psikometrik sebagai berikut :



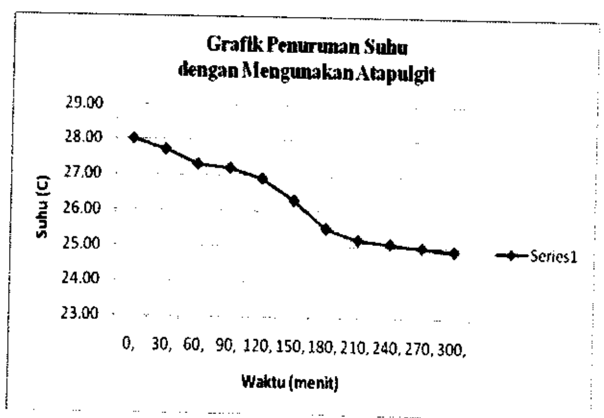
Gambar 1. Grafik Psikometrik

Kinerja Atapulgit Terhadap Penurunan Suhu dan Kelembaban

Hasil pengujian atapulgit terhadap penurunan suhu dan kelembaban disajikan pada grafik dan tabel di bawah ini :



Gambar 2. Grafik penurunan kelembaban dengan menggunakan atapulgit



Gambar 3. Grafik penurunan suhu dengan menggunakan atapulgit

Tabel 3. Data Penurunan Suhu dan Kelembaban oleh Atapulgit

Waktu	Suhu	Rh	Q	Q/m (kal/gram)
0	28.00	75%	0	0
30	27.70	74%	120	0.3
60	27.30	71%	160	0.4
90	27.20	70%	40	0.1
120	26.90	70%	120	0.3
150	26.30	69%	240	0.6
180	25.50	69%	320	0.8
210	25.20	68%	120	0.3
240	25.10	67%	40	0.1
270	25.00	67%	40	0.1
300	24.90	67%	40	0.1

PEMBAHASAN

Karakteristik Atapulgit

Atapulgit merupakan salah satu jenis mineral senyawaan magnesium-alumunium-silikat dengan struktur rantai kristal yang berongga. Rumus molekul atapulgit adalah $Mg(Al_{0.5-1}\ Fe_{0-0.5})Si_4O_{10}(OH).\ 4H_2O$. Kandungan SiO_2 di dalam atapulgit yang cukup besar menyebabkan sifatnya hampir menyerupai silika gel, salah satunya memiliki kemampuan untuk menyerap kelembaban.

Secara fisik atapulgit menyerupai tanah dan berwarna putih. Dalam keadaan basah, atapulgit memiliki sifat plastis dan kemampuan untuk merekat satu sama lain. Sedangkan pada keadaan kering, atapulgit tetap memiliki konsistensi yang baik serta tidak mengalami penyusutan. Berdasarkan penelusuran pustaka dapat diketahui bahwa sifat-sifat tersebut merupakan faktor pendukung kemampuan atapulgit digunakan dalam perancangan sistem pendingin tanpa listrik.

Atapulgit sebagai Penurun Kelembaban

Refrigerator dan *air conditioner* merupakan contoh sistem pendingin ruangan yang telah umum dikenal oleh masyarakat. Mesin pendingin tersebut memiliki elemen-elemen penting yang berperan dalam penurunan suhu ruangan, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

Cara kerja dari mesin pendingin tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut, kompresor pada sistem pendingin digunakan sebagai alat untuk memampatkan refrigerant pada kondensor. Pada kondensor, refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari fase uap menjadi fase cair. Untuk merubah fase refrigerant dari keadaan uap menjadi cair tersebut, maka refrigerant mengeluarkan kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigerant. Besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan, dan kalor yang diambil oleh kompresor dari substansi yang akan didinginkan. Oleh sebab itu kondisi ruangan (evaporator) menjadi lebih sejuk.

Sama halnya dengan konsep penurunan suhu pada *refrigerator* dan *air conditioner*, konsep penurunan suhu pada sistem pendingin tanpa listrik ini juga berdasarkan pada grafik psikometrik. Bedanya, penurunan suhu pada ruangan pendingin tanpa listrik ini dilakukan dengan penurunan kelembaban melalui penyerapan uap air menggunakan zat absorben.

Jika uap air yang berada di dalam wadah diambil atau diserap dengan suatu zat yang mampu menghisap uap air , maka tekanan di dalam ruang pendingin akan turun. Sebab, dengan berkurangnya molekul air dan tekanan uap air akan menyebabkan terjadinya penguapan molekul-molekul air dalam ruangan penyimpanan. Pada saat molekul fase cair melepaskan diri dari air fase cair menjadi air fase uap, maka molekul yang melepaskan diri dari keadaan cair akan membawa energi yang terkandung dalam air fase cair. Untuk merubah air dari fase cair menjadi fase uap, diperlukan kalor laten yang terkandung di dalam uap air. Dengan diturunkannya entalpi dari ruangan, maka suhu ruangan akan turun pula.

Dalam sistem pendingin tanpa listrik, penurunan tekanan dari dalam wadah dilakukan dengan menggunakan zat absorben atapulgit. Dengan penurunan tekanan dalam ruangan, maka entalpi dari material yang disimpan juga akan turun. Dengan turunnya entalpi, maka suhu ruangan juga akan mengalami penurunan.

Fenomena yang akan timbul dalam sistem pendingin tanpa listrik ini hampir menyerupai perpindahan panas secara konveksi. Konveksi terjadi apabila partikel makroskopik fluida melintasi suatu permukaan tertentu, maka arus tersebut akan ikut membawa serta sejumlah tertentu entalpi. Penurunan entalpi akan menyebabkan terjadinya penurunan suhu.

Banyaknya kalor suatu bahan yang akan diserap dan dipergunakan untuk menaikkan maupun menurunkan temperatur tergantung dari massa bahan, perubahan temperatur, serta jumlah absorben yang digunakan. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut,

$$H = m_o\, c\, (T_a - T_o) \text{..........}(1)$$

dimana H dalam kal, m dalam kg dan T_a-T_o dalam °C. Dengan diketahui jumlah bahan yang diserap oleh atapulgit maka jumlah energi yang dapat dipompakan oleh per butir atapulgit keluar dapat diketahui dengan rumus $H/m_{atapulgit}$.

Berdasarkan pengujian, dapat diketahui bahwa dengan jumlah atapulgit seberat 400 gram dapat menjangkau permukaan seluas 450 cm^2 dan ketebalan 2 cm. Penurunan suhu ruangan dengan volume 2985 cm^3 yang terjadi setelah lima jam pengujian adalah sebesar 3,1 °C. Dengan menggunakan data yang diperoleh pada Tabel 3 dan berdasarkan persamaan (1) dapat diketahui, bahwa besarnya kalor yang dapat dipompakan ke luar pada kondisi pengujian yang dilakukan adalah sebesar 1240 kal. Nilai tersebut merupakan nilai penyerapan kelembaban ruangan menggunakan atapulgit sebagai fenomena yang berlangsung pada saat malam hari.

Atapulgit sebagai Media Penguapan Paksa

Penurunan kelembaban dengan sistem pendingin tanpa listrik dapat terjadi pada siang hari maupun pada malam hari. Pada siang hari, mekanisme yang terjadi pada sistem adalah mekanisme penguapan paksa molekul uap air yang terjerap di dalam pori-pori atapulgit dengan bantuan energi matahari.

Kemampuan penguapan paksa molekul uap pada atapulgit sangat dipengaruhi oleh ukuran pori atapulgit. Dibandingkan dengan absorben lainnya, atapulgit memiliki ukuran pori yang cukup besar, yaitu 200 A. Ukuran ini lebih baik dibandingkan dengan montmorillonit, silika, dan zeolit yang memiliki ukuran 15 A, 5 A, dan < 10 A.

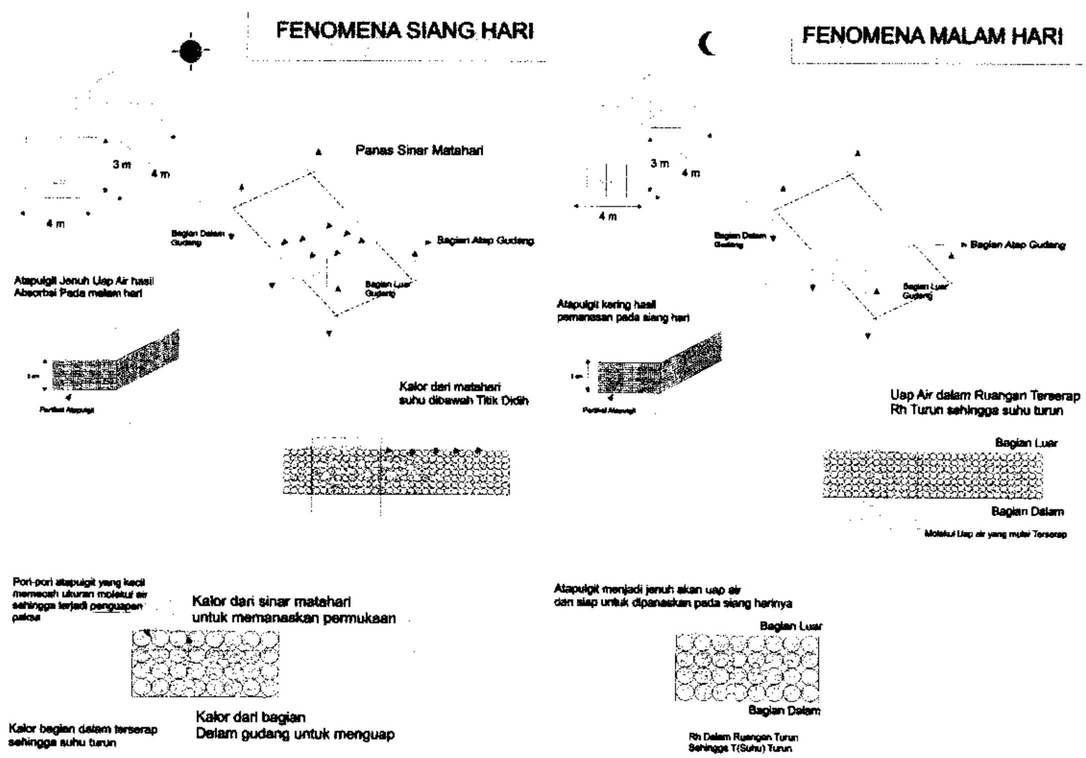
Ukuran pori yang dibutuhkan dalam penguapan paksa harus sesuai dengan ukuran molekul uap air yang dijerap oleh atapulgit. Semakin kecil ukuran pori absorben, maka difusi uap air dari udara menuju absorben akan menjadi lebih lambat. Hal tersebut dapat mengakibatkan ruang pendingin menjadi panas karena panas matahari yang seharusnya digunakan untuk menguapkan molekul air akan berpindah ke dalam ruangan pendingin. Namun jika ukuran pori atapulgit terlalu besar, dapat mengakibatkan jumlah molekul uap air yang terperangkap menjadi lebih besar dan energi penguapan yang dibutuhkan juga semakin besar. Hal ini dapat mengakibatkan proses pendinginan ruangan berjalan lebih lambat.

Fenomena pada siang hari, dimana molekul uap yang terjerap di dalam pori-pori atapulgit akan diuapkan dengan mengambil kalor yang berasal dari dalam ruangan pendingin. Berdasarkan pengujian, atapulgit seberat 2 gram akan jenuh dengan uap air dan berat akhir yang terukur mencapai 5,2 gram. Nilai ini akan menghasilkan daya serap atapulgit terhadap air sebesar 1,6 $g_{air}/g_{atapulgit}$. Berdasarkan persamaan (1) dapat diketahui bahwa kalor dari ruangan yang dapat dipompakan oleh atapulgit dari ruangan ke luar pada saat kondisi jenuh adalah 80 kal/$g_{atapulgit}$.

Konsep difusi suatu cairan ke dalam suatu bahan merupakan faktor penting yang mendasari fenomena transfer massa pada peristiwa absorbsi uap air dalam sistem pendingin ini. Pada fenomena transfer massa, perpindahan sejumlah massa dari satu fase ke fase lainnya dapat terjadi jika terdapat gradien konsentrasi di antara kedua fase tersebut. Gradien konsentrasi ini disebabkan oleh perbedaan konsentrasi yang ada di antara kedua fase tersebut, dimana konsentrasi pada suatu fase lebih besar dibanding konsentrasi yang ada di fase lainnya.

Rancang Bangun Rinci

Sistem pendingin untuk gudang penyimpanan ini dirancang secara lebih detil sebagai berikut, dinding terluar terbuat dari bahan bersifat isolator kuat yang mampu mencegah pengaruh suhu lingkungan luar terhadap suhu ruangan di dalam. Berikutnya merupakan lapisan penyangga atapulgit yang terbuat dari semacam kasa agar tetap rapat. Lapisan selanjutnya merupakan material atapulgit yang dibawahnya diberi lapisan penyangga kembali dengan fungsi yang sama dengan lapisan penyangga sebelumnya. Lapisan terakhir dan merupakan lapisan paling dalam terbuat dari konduktor kuat yang memungkinkan terjadinya transfer energi dari dalam ruangan penyimpanan ke luar.



Gambar 3. Fenomena penurunan suhu pada sistem pendingin tanpa listrik

Lapisan atapulgit sebagai lapisan utama terjadinya penyerapan kelembaban dan penguapan paksa dirancang dengan ketebalan 2 cm. Hal tersebut dilakukan untuk memperluas bidang kontak antara atapulgit dengan ruang gudang penyimpanan, sehingga proses terjadinya difusi uap air ke dalam atapulgit berlangsung lebih maksimal. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka jumlah atapulgit yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu gudang penyimpanan dengan panjang 4 m, lebar 4 m, dan tinggi 3 m adalah sebanyak 142, 2 kg. Dengan jumlah tersebut, luas permukaan atapulgit yang dapat dicapai seluas 32.000 cm^2.

Desain alat yang dibuat memungkinkan lapisan dinding paling luar dan paling dalam dapat dibuka dan ditutup. Ketika malam hari dinding bagian dalam dibuka sehingga memungkinkan terjadinya penyerapan uap air di dalam ruangan penyimpanan oleh atapulgit. Sementara pada siang hari dinding terluar yang harus dibuka sehingga memungkinkan terjadinya penguapan paksa oleh energi matahari sekaligus regenerasi terhadap atapulgit. Dua kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan suhu pada ruangan penyimpanan di dalam alat.

KESIMPULAN

Kinerja atapulgit terhadap penyerapan uap air selama 5 jam untuk atapulgit seberat 400 gram menghasilkan penurunan kelembaban dari 75% menjadi 67% dan penurunan suhu dari 28°C menjadi 24°C. Kalor yang dapat dipompakan keluar ruangan untuk pengujian ini sebesar 1240 kal untuk fenomena penurunan suhu pada malam hari, sementara pada siang hari kalor yang dapat dipompakan oleh setiap gram atapulgit adalah sebesar 80 kal. Untuk perancangan ruangan dengan ukuran 4 m x 4 m x 3 m, jumlah atapulgit yang digunakan untuk menurunkan suhu ruangan adalah sebesar 142,2 kg.

DAFTAR PUSTAKA

Achiruddin. (2004). *Penggunaan Zat Absorber Silika Gell Pada Mesin Pendingin.* Jurusan Fisika FMIPA, USU.

Bradley, W. F., (1938). *The Structure of Attapulgite,* Zeits. Krist, 405-410.

Clark, G. L., Grim, R. E., and Bradley, W. F. (1937). *Notes on the identification of minerals in clays by x-ray difiraction,* Zeits. Krist., 96, 322.

McCarter,W. S. W., Krieger, K.A. and Heinemann, H. 1950. *Thermal Activation of Attapulgus Clay,* Ind. Eng. Chem. 42. 529 – 533.

Perry, R.H, Green D.W and Malony. (1984). *Perry's chemical engineers, hand book J.O, 6 th edition,* Mc Grow-Hill Inc.

Syarief, Rizal dan Halied, Hariyadi. (1991). *Teknologi Penyimpanan Pangan,* Penerbit Arcan, Jakarta.

Attapulgite Clay Island. 2003. Available from: URL: http://www.attapulgite.org.htm. Accessed January 18. 2007.

W. R., Grace. *Zeolite Structure.* (2006). Available from: URL: http://www.grace.com/EngineeredMaterials/MaterialSciences/Zeolites/Default.aspx. Accesed Maret 3, 2008.