

PENGARUH TEMPERATUR REGENERASI TERHADAP PENURUNAN KELEMBABAN RELATIF DAN EFEKTIFITAS PENYERAPAN UAP AIR PADA ALAT UJI *DEHUMIDIFIER* DENGAN *DESICCANT* SILICA GEL

Muchammad^{*)}

Abstract

In industrial field humidity level play an important role on product quality and production process. High humidity can cause a lot of problem. Thus, we need a device or system to reduce air humidity, called dehumidifier. Dehumidifier that used in this experiment is adsorbent dehumidifier which used silica gel as an adsorbent. The aim of the study is to investigate the effect of regeneration temperature on reducing relative humidity at closed room using silica gel desiccant dehumidifier and the effectiveness of desiccant silica gel to adsorb moisture. In this experiment the regeneration temperature variations are 50, 60, 70, 80 and 90 °C the results show that, when regeneration temperature increased, relative humidity in closed room decreased but humidity ratio in the closed room relatively increased. Regeneration temperature at 90 °C could reduce relative humidity down to 40,7 %. In this experiment dehumidification process was not effective because silica gel still too hot after being regenerated.

Keyword : moisture, dehumidifier, adsorbent, silica gel

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri pengaturan kelembaban udara memiliki peranan yang sangat besar untuk menghasilkan kualitas bahan sesuai yang diharapkan. Sebagai contoh adalah pengaturan kelembaban udara pada industri percetakan. Untuk beberapa proses percetakan, kertas dilewatkan melalui beberapa pencetak yang berbeda, sehingga diperlukan kondisi udara tertentu agar keteraturannya dapat terjaga. Gangguan lain yang disebabkan oleh kelembaban yang tidak cocok adalah timbulnya medan listrik statis, pengeritingan atau penggulangan kertas atau tinta yang tidak cepat kering [13].

Penerapan pengaturan kelembaban ruangan lainnya adalah dalam industri pemrosesan dan pengawetan makanan /minuman, berbagai macam proses pembuatan roti dan kue membutuhkan kelembaban antara 40 % sampai 80 %, produk listrik 15 % - 70 %, Farmasi 15 %-50%. Industri tembakau 55% - 88% dan sebagainya [4].

Kandungan uap air yang tinggi didalam udara dapat menimbulkan berbagai macam masalah baik bagi manusia maupun bagi material disekelilingnya. Bagi manusia kelembaban yang

tinggi dapat membuat tekanan fisiologis, ketidaknyamanan dan tentunya dapat mengganggu kesehatan. Sedang akibat bagi lingkungan adalah dapat mempercepat korosi logam, mempercepat pertumbuhan jamur dan spora dan lain sebagainya [3]. Sehingga dibutuhkan suatu alat atau sistem untuk menurunkan kelembaban udara atau yang sering disebut dengan *dehumidifier*.

Penurunan kelembaban relatif dapat dilakukan menggunakan *adsorbent dehumidifier* yaitu dengan melewati udara pada suatu *adsorbent (desiccant)*, maka *desiccant* tersebut akan menyerap uap air yang dikandung udara sehingga jumlah uap air dalam udara tersebut akan berkurang [3].

Atas dasar tersebut perlu adanya suatu penelitian untuk menganalisa pengaruh dari perubahan kelembaban udara absolut yang dilewatkan pada *desiccant* dalam hal ini adalah silica gel. Dalam hal ini penelitian dilakukan dengan uji coba menggunakan instalasi *dehumidifier* dengan design khusus yaitu melewati udara melalui *silica gel* dengan variasi Temperatur regenerasi. Dari peralatan uji

^{*)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang. e-mail: m_mad5373@yahoo.com

ini diharapkan terjadinya penurunan kelembaban udara relatif.

Pada penelitian ini akan diteliti suatu ruangan yang dikondisikan kelembaban udaranya, dengan memanfaatkan *desiccant silica gel* yang diregenerasi sehingga sistem dapat berjalan secara terus menerus. Adapun variasi temperatur regenerasi digunakan untuk mengetahui penurunan kelembaban ruangan dan efektivitas penyerapan uap air dari udara.

TINJAUAN PUSTAKA

Psikrometri

Psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air, yang mempunyai arti penting didalam bidang teknik pengkondisian udara. Udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air [11]. Psikometri menggunakan sifat-sifat termodinamika untuk menganalisa kondisi dan proses yang melibatkan udara lembab.

Udara atmosfer mengandung beberapa komponen dalam bentuk gas seperti uap air dan dan berbagai macam pengotor (seperti : asap, serbuk dan polutan).

Udara kering adalah udara kering dimana semua uap air dan pengotor dihilangkan [2]. Dengan kata lain udara kering adalah udara yang sama sekali tidak mengandung uap air [10], Komposisinya relatif konstan, tetapi sedikit bervariasi yang bergantung pada waktu, lokasi geografis dan ketinggian. Harrison (1965) menuliskan presentase perkiraan komposisi dari udara kering. Nitrogen, 78,084 ; oksigen, 20,9476 ; argon, 0,934 ; karbon dioksida, 0,0314; neon 0,001818; helium, 0,000524 ; metana, 0,00015; sulfur dioksida, 0-0,0001; hidrogen,0.00005 dan komponen kecil seperti kripton, xenon, dan ozon, 0,0002, didasarkan pada skala carbon-12 (harrison 1965). Konstanta gas untuk udara kering didasarkan pada karbon-12, adalah [2].

$$R_{da} = 8314,41/287,9645 = 287,055 \text{ J}/(\text{kg}_{da} \text{ } ^\circ\text{K})$$

Udara Lembab atau udara basah adalah pasangan (dua komponen) campuran dari udara kering dan uap air [2]. Dengan kata lain udara kering yang mengandung uap air [12]Jumlah uap air bervariasi dari nol (udara kering) sampai maksimum yang bergantung dari temperatur dan tekanan. Saturasi adalah keadaan keseimbangan netral antara udara lembab dan fasa air terkondensasi (cair atau padat). Masa molekul

relatif dari air adalah 18,01528 pada skala karbon-12. konstanta gas untuk uap air adalah :

$$R_w = 8314,41/18,01528 = 461,520 \text{ J}/(\text{kg}_{da} \text{ } ^\circ\text{K})$$

Pada beberapa proses pengkondisian udara, kandungan air sengaja dihilangkan dari udara, tetapi pada proses lain, air ditambahkan[11].

Parameter Kelembaban

Perbandingan Kelembaban, W (kandungan uap atau pebandingan campuran) didefinisikan sebagai perbandingan antara masa uap air terhadap masa udara kering,

$$W = M_w/M_{da} \dots \dots \dots (1)$$

W sama dengan perbandingan fraksi mol x_w/x_{da} dikalikan dengan perbandingan masa molekul (18,01528/28,9645 = 0,62198) :

$$W = 0,62198 \ x_w/x_{da} \dots \dots \dots (2)$$

Kelembaban spesifik γ adalah pebandingan dari masa uap air dibanding masa total dari udara lembab,

$$\gamma = M_w/(M_w + M_{da}) \dots \dots \dots (3)$$

Bentuk dari perbandingan kelembaban,

$$\gamma = W/(1+W) \dots \dots \dots (4)$$

Kelembaban absolut (masa jenis uap air) d_v adalah perbandingan masa uap air dengan volume total udara contoh.

$$d_v = M_w/V \dots \dots \dots (5)$$

Masa jenis ρ dari campuran udara lembab adalah perbandingan dari total masa dengan volume total [2].

$$\rho = (M_w + M_{da})/V = (1/v)(1+W) \dots \dots (6)$$

dimana v adalah volume spesifik dari udara lembab , $\text{m}^3/\text{kg}_{da}$ dirumuskan

$$v = V/M_{da} \dots \dots \dots (7)$$

Perbandingan Kelembaban saturasi $W_s(t, p)$ adalah perbandingan kelembaban dari uap air dijenuhkan dengan air (atau es) pada temperatur t dan tekanan p yang sama.

Derajat kejenuhan μ adalah perbandingan antara perbandingan kelembaban udara dengan perbandingan kelembaban saat uap air jenuh pada temperatur dan tekanan yang sama.

$$\mu = \frac{W}{W_s} \dots\dots\dots (8)$$

Kelembaban Relatif ϕ adalah perbandingan fraksi mol dari uap air x_w pada contoh udara lembab yang diberikan terhadap fraksi mol x_{ws} pada contoh udara jenuh pada temperatur dan tekanan yang sama.

$$\phi = \frac{x_w}{x_{ws}} \dots\dots\dots (9)$$

Temperatur Dew-point t_d adalah temperatur pada udara lembab jenuh pada tekanan dengan perbandingan kelembaban yang sama seperti contoh udara lembab yang diberikan.

$$W_s(p, t_d) = W \dots\dots\dots (10)$$

Temperatur bola basah termodinamika adalah temperatur saat dimana air (cair atau padat) menguap ke udara lembab pada temperatur bola kering dan perbandingan kelembaban dapat membawa udara sampai jenuh *adiabatic* pada temperatur yang sama, dan tekanan totalnya konstan. Parameter ini dipertimbangkan terpisah pada bagian temperatur bola basah termodinamika dan temperatur *dew point* [2].

2.1 Dehumidifikasi

Proses dehumidifikasi adalah proses untuk mengurangi kandungan uap air dari udara. Kandungan uap air yang tinggi di dalam udara dapat menimbulkan berbagai macam masalah baik bagi manusia maupun bagi material di sekelilingnya, diantaranya adalah sebagai berikut[3 hal 1]:

1. Membuat Tekanan Fisiologis Dan Ketidaknyamanan
2. Menimbulkan Penyakit
3. Mempercepat Pertumbuhan Jamur dan Meningkatkan Populasi Serangga
4. Mempercepat Korosi Logam
5. Mengurangi Hambatan Listrik pada Insulator
6. Merusak Proses *Finishing* Permukaan

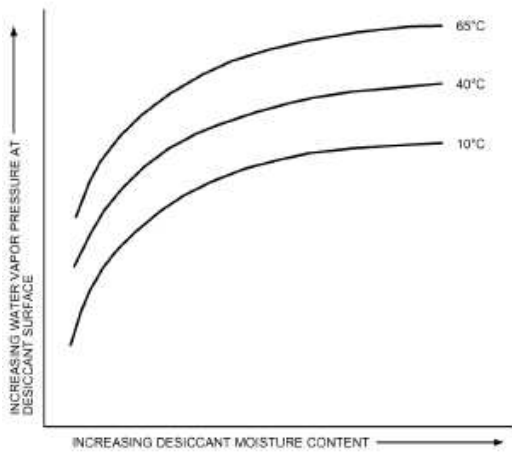
7. Menyebabkan Kegagalan Struktur Bangunan
8. Menyebabkan Kegagalan Cat dan Pengotoran Dinding pada Bangunan

a. Desiccant

Desiccant adalah material yang dapat menarik dan menahan uap air dari udara. Sebenarnya, hampir semua material adalah desiccant /hygroscopic. Tetapi desiccant yang digunakan dalam peralatan komersial dipilih berdasarkan kemampuannya untuk menyerap uap air dalam jumlah yang banyak. Contohnya adalah silica gel yang mampu menyerap uap air sampai 20-30% dari berat keringnya..

Silica gel adalah material penyerap padat mempunyai penyerapan tinggi yang secara struktural menyerupai bunga karang kaku. *Silica gel* mempunyai suatu permukaan internal sangat besar yang terdiri atas banyak sekali rongga mikroskopik dan suatu sistem luas dari saluran kapiler yang menyediakan jalan kecil menghubungkan rongga mikroskopik internal dengan permukaan luar dari *silica gel*. *Silica gel* menyerap uap air dari udara dikarenakan perbedaan tekanan uap. Saat udara dalam keadaan lembab, udara memiliki tekanan uap yang tinggi. Sebaliknya, hanya terdapat sedikit uap air yang terdapat di permukaan *silica gel* yang kering, sehingga tekanan uap pada permukaan silica gel sangat rendah. Uap air berpindah dari udara yang lembab ke *silica gel* untuk mencapai kesetimbangan tekanan uap air. Dengan desiccant, penyerapan terjadi dalam fasa uap tanpa terjadi pengembunan. Sehingga proses dehumidifikasi dengan desiccant dapat berlangsung bahkan pada temperatur pengembunan udara (*dew point*) yang sangat rendah.

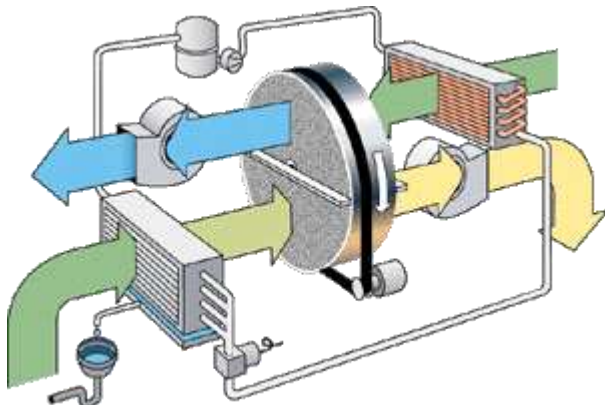
Peningkatan temperatur dan kandungan uap air meningkatkan tekanan uap permukaan. Pemanasan atau peningkatan temperatur dari desiccant akan meningkatkan tekanan uap pada permukaan desiccant. Saat tekanan uap permukaan melebihi udara lingkungan, uap air meninggalkan desiccant (yang disebut reaktivasi atau regenerasi).



Gambar 1 Tekanan Uap Permukaan *Desiccant* Sebagai Fungsi Kandungan Uap Air *Desiccant* dan Temperatur[2].

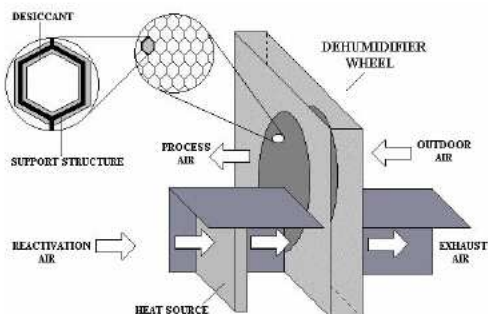
b. Solid desiccant dehumidification.

Gambar 3 menunjukkan komponen dasar dari *solid desiccant rotary dehumidifier* yaitu *desiccant wheel*.



Gambar 2. Desain dasar dari *solid desiccant rotary dehumidifier*.

Biasanya desiccant wheel terdiri dari saluran-saluran hexagonal yang sangat banyak dan kecil sehingga membentuk *honey comb*. Udara dialirkan melalui saluran ini, dan melepaskan uap air ke desiccant yang terdapat pada dinding saluran seperti pada gambar 3.



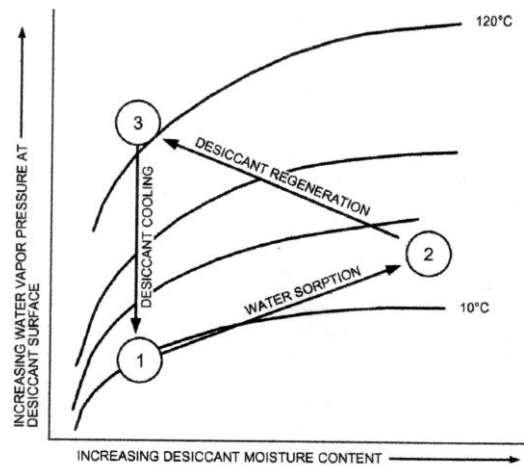
Gambar 3 *Solid Desiccant Dehumidifier*

Desiccant wheel secara konstan terus berputar dengan sangat lambat melalui dua aliran udara yang terpisah. Aliran pertama ialah aliran udara proses yang didehumidifikasi oleh desiccant dan aliran kedua adalah aliran udara regenerasi atau reaktivasi. Temperatur udara reaktivasi untuk silica gel berkisar 50 – 160 °C.

c. Siklus *Desiccant*.

Semua *desiccant* berfungsi dengan cara yang sama; dengan perpindahan uap air yang disebabkan oleh perbedaan antara tekanan permukaan uap air dan tekanan udara sekitar. Ketika tekanan uap pada permukaan *desiccant* lebih rendah daripada udara, *desiccant* mengikat uap air. Ketika tekanan permukaan uap lebih tinggi dari udara sekitar, *desiccant* melepaskan uap air [2].

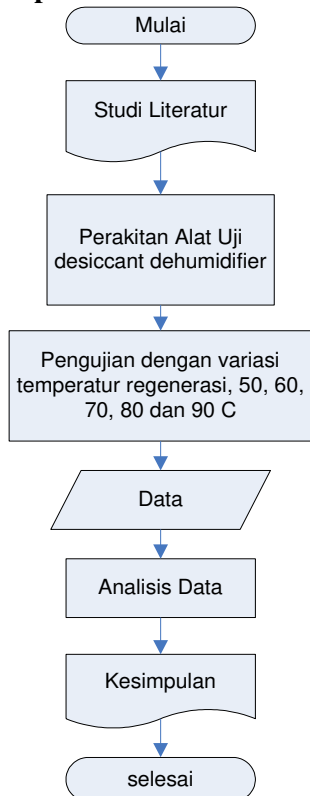
Setelah *desiccant* dikeringkan (direaktivasi) dengan panas, membuat tekanan uap menjadi tinggi, sehingga kemampuan untuk menyerap uap air menjadi kecil. Mendinginkan *desiccant* akan menurunkan tekanan permukaan sehingga dapat menyerap uap air lagi. Siklus lengkapnya dapat dilihat digambar 4.



Gambar 4 siklus regenerasi desiccant

METODOLOGI PENELITIAN

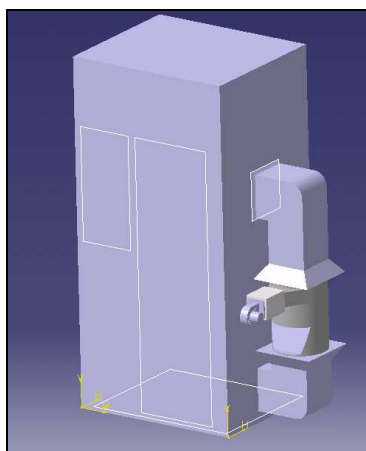
Diagram alir penelitian



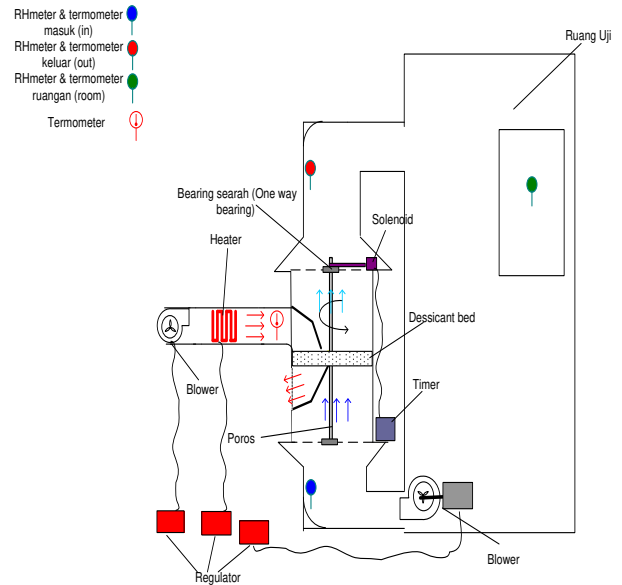
Gambar 5 Diagram alir penelitian

Deskripsi alat uji

Instalasi peralatan uji dirangkai dari dua bagian utama, yaitu ruang uji dan *solid desiccant dehumidifier*. *Solid desiccant dehumidifier* diletakkan disamping ruang uji dan saluran masuk dan keluarnya dihubungkan dengan ruang uji dengan ukuran 125 x 105 x 245 (p x l x t).



Gambar 6 Ruang uji dan *solid desiccant dehumidifier*



Gambar 7 Instalasi peralatan uji

HASIL DAN ANALISIS DATA

Data Hasil Pengujian

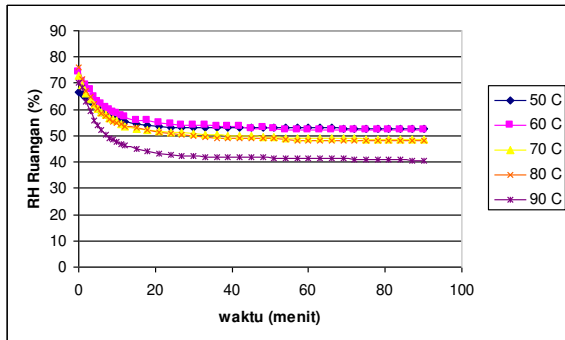
Pengujian dilakukan pada malam hari secara kontinyu dengan tujuan agar kondisi RH pada saat pengujian selalu stabil dan tidak terjadi gangguan yang dapat mengganggu jalannya pengujian. Dengan demikian, penyimpangan data dapat diminimalisasi.

Pada pengujian yang telah kami lakukan, data yang kami amati adalah kelembaban relatif (RH) sebelum dan sesudah melewati *desiccant bed* (RH_1 dan RH_2), temperatur sebelum dan sesudah melewati *desiccant bed* (T_{in} dan T_{out}), kelembaban relatif ruangan (RH_r) dan temperatur ruangan (T_r), dimana lama waktu pengambilan data selama 90 menit karena 30 menit terakhir baik perubahan kelembaban relatif dan temperturnya cenderung sudah konstan. Regulator digunakan untuk mengatur temperatur udara regenerasi, besarnya temperatur udara regenerasi adalah : 50, 60, 70, 80 dan 90 °C, sedangkan kecepatan udara regenerasi dijaga pada kecepatan 2 m/s, kecepatan udara ruangan pada 2 m/s dan putaran *desiccant bed* dijaga konstan pada 6 putaran/jam.

Data tersebut digunakan untuk menganalisa pengaruh adanya *desiccant (silica gel)* terhadap kelembaban relatif setelah udara dialirkan melewatinya.

Data Hasil Pengujian Kelembaban Relatif Dan Temperatur Ruangan dengan Variasi Temperatur Udara Regenerasi

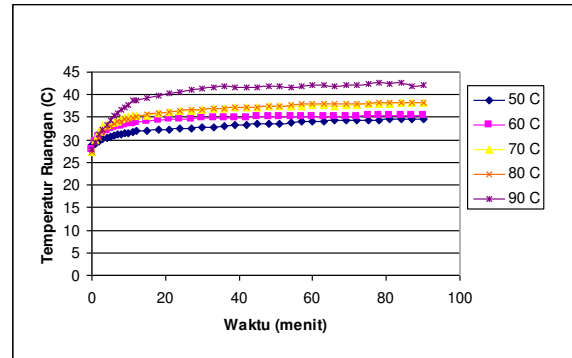
Dalam pengujian ini, pengukuran kelembaban divariasikan pada temperatur regenerasi yang berbeda. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur regenerasi terhadap penurunan kelembaban relatif pada ruangan yang ingin dikondisikan, dalam pengujian ini diambil sampel lima temperatur percobaan. Berikut adalah grafik hasil pengukuran prosentase kelembaban relatif dan temperatur ruangan.



Gambar 8 Grafik Hubungan antara Kelembaban Relatif ruangan terhadap waktu dengan variasi temperatur udara regenerasi

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa kelembaban relatif (RH) yang terendah pada temperatur regenerasi 90 °C mampu menurunkan kelembaban relatif sampai 40,7% dengan kelembaban relatif awal awal 70,3%. Kelembaban relatifnya cenderung konstan pada menit ke 54. kemudian kelembaban relatif akhir akan naik seiring dengan menurunnya temperatur udara regenerasi. Pada temperatur regenerasi 80 °C menurunkan kelembababan relatif sampai 48,3%, temperatur regenerasi 70 °C menurunkan kelembababan relatif sampai 48,7%, temperatur regenerasi 60 °C menurunkan kelembababan relatif sampai 52,2% dan temperatur regenerasi 50 °C menurunkan kelembababan relatif sampai 52,6%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur udara regenerasi maka kelembaban relatif ruangan akan semakin rendah. Dalam penelitian yang kami lakukan, silica gel pecah pada temperatur 100 °C, sehingga variasi temperatur yang dilakukan hanya sampai temperatur 90 °C

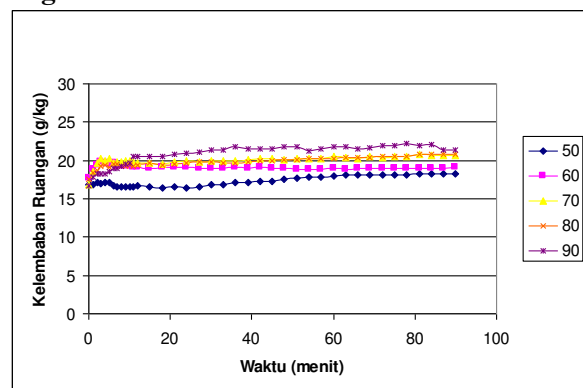
Berikut adalah grafik hasil pengukuran temperatur udara ruangan dengan variasi temperatur regenerasi terhadap waktu.



Gambar 9 Grafik Hubungan antara Kelembaban Relatif ruangan terhadap waktu dengan variasi temperatur udara regenerasi

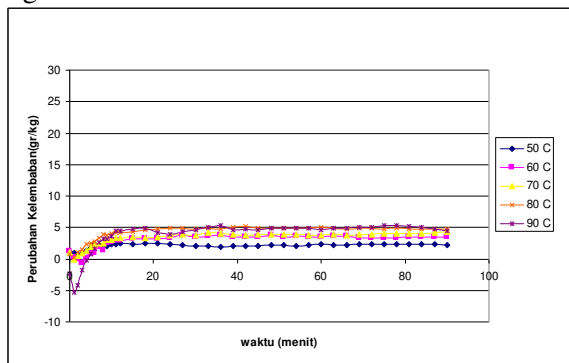
Pada gambar 9 menunjukkan bahwa temperatur ruangan tertinggi pada temperatur udara regenerasi 90 °C sebesar 42,1 °C, temperatur ruangan semakin rendah seiring dengan semakin rendah temperatur udara regenerasi. Pada temperatur udara regenerasi 80 °C, temperatur ruangan akan naik sampai 38,4 °C, temperatur udara regenerasi 70 °C, temperatur ruangan akan naik sampai 38, 1 °C, temperatur udara regenerasi 60 °C, temperatur ruangan akan naik sampai 35,4 °C, temperatur udara regenerasi 50 °C, temperatur ruangan akan naik sampai 34,5 °C. Pada gambar menunjukkan juga bahwa temperatur udara ruangan akan naik secara signifikan, sedangkan setelah menit ke 60 temperatur udara akan cenderung konstan. Grafik menunjukkan bahwa kenaikan temperatur regenerasi akan menaikkan temperatur ruangan yang dikondisikan. Hal ini berkebalikan dengan pengaruh temperatur udara regenerasi terhadap penurunan kelembaban relatif ruangan seperti ditunjukkan oleh gambar 8.

Perhitungan Perubahan Kelembaban Ruang dengan Variasi Temperatur Udara Regenerasi



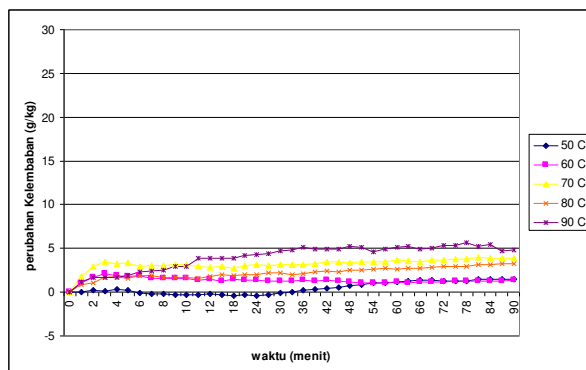
Gambar 10 Grafik Hubungan antara Kelembaban Ruang relatif terhadap waktu dengan variasi temperatur regenerasi.

Nilai ratio kelembaban didapat dengan memasukkan nilai kelembaban relatif ruangan dan temperatur bola kering pada bagan psikrometri, dalam hal ini nilai didapat dengan bantuan psicals 98. Dari grafik dapat dilihat bahwa ratio kelembaban ruangan cenderung naik. Dimana kenaikan ratio kelembaban tertinggi terjadi pada temperatur regenerasi 90 °C. Kemudian akan menurun seiring dengan turunnya temperatur udara regenerasi. Perubahan ratio kelembaban dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Grafik perubahan ratio kelembaban terhadap waktu dengan variasi temperatur udara regenerasi.

Perhitungan Perubahan Kelembaban Melewati Dessicant Bed.



Gambar 12 Grafik hubungan perubahan ratio kelembaban terhadap waktu dengan variasi temperatur udara regenerasi.

Gambar 12 merupakan grafik perhitungan perubahan ratio kelembaban yang melewati *dessicant bed* terhadap waktu dengan variasi temperatur udara regenerasi. Besarnya perubahan didapatkan dengan mengurangi ratio kelembaban keluar dari *dessicant bed* dengan ratio kelembaban sebelum masuk ke *dessicant bed*. Nilai ratio kelembaban didapat dengan dua keadaan udara yaitu kelembaban relatif dan temperatur bola kering pada bagan psikrometri dengan bantuan software psicals 98. Dapat dilihat pada menit-menit awal pengujian terjadi perubahan yang signifikan, tetapi mulai menit 40 hampir tidak ada perubahan yang berarti atau dengan kata lain ratio kelembaban mulai 40 cenderung konstan. Grafik menunjukkan bahwa kecenderungan perubahan ratio kelembaban adalah semakin tinggi temperatur regenerasi maka akan terjadi kenaikan humidity ratio.

Analisis Data Pengujian

Analisis pengaruh variasi Temperatur Udara Regenerasi Terhadap Penurunan Kelembaban Relatif

Grafik pada gambar 8 menunjukkan terjadi penurunan kelembaban relatif di ruangan yang dikondisikan, penurunan kelembaban relatif akan semakin rendah seiring dengan semakin tingginya temperatur udara regenerasi. Hal ini dikarenakan adanya kenaikan temperatur ruangan akibat adanya udara regenerasi yang tinggi yang dapat dilihat pada gambar 9

Dari teori yang ada, penurunan kelembaban relatif akan terjadi bila ada pemanasan (heating) yang menyebabkan kelembaban relatif ruangan akan turun dengan naiknya temperatur ruangan. Semakin tinggi temperatur regenerasi maka semakin besar penurunan kelembaban relatifnya.

Dalam pengujian yang dilakukan temperatur regenerasi 90 °C dapat menurunkan kelembaban relatif sampai 40,7 % temperatur ruangnya menjadi 42,1 °C ;temperatur regenerasi 80 °C dapat menurunkan kelembaban relatif sampai 48,3% temperatur ruangnya menjadi 38,4 °C. temperatur regenerasi 70 °C dapat menurunkan kelembaban relatif sampai 48,7 % temperatur ruangnya menjadi 38,1 °C ; temperatur regenerasi 60 °C dapat menurunkan kelembaban relatif sampai 52,2 % temperatur ruangnya menjadi 35,4 °C; temperatur

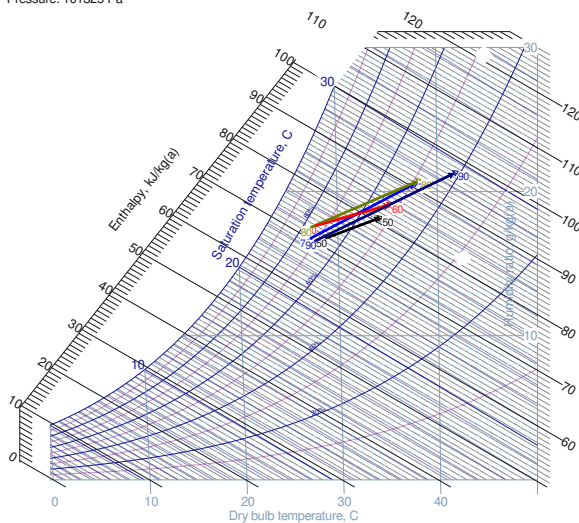
regenerasi 50 °C dapat menurunkan kelembaban relatif sampai 34,5 %.

Grafik pada gambar 10 menunjukkan bahwa dalam ruangan tidak terjadi penurunan ratio kelembaban tetapi malahan kecenderungannya terjadi kenaikan ratio kelembaban ruangan, hal ini terjadi pada semua variasi temperatur udara regenerasi. Kenaikan ratio kelembaban semakin besar seiring dengan naiknya variasi temperatur udara regenerasi. Ratio kelembaban didapat dengan memasukkan nilai kelembaban relatif dan temperatur bola kering pada bagan psikrometri dengan bantuan *software psicals 98*.

Hal yang menyebabkan terjadi kenaikan ratio kelembaban adalah adanya kebocoran udara yang masuk kedalam sistem, karena isolasi yang kurang sempurna.

Gambar 13 menunjukkan perubahan keadaan ruangan pada awal pengujian (menit ke-0) ke keadaan akhir pengujian (menit ke-90) pada bagan psikrometri. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terjadi kenaikan temperatur, penurunan kelembaban relatif, kenaikan ratio kelembaban, dan kenaikan entalpi pada semua variasi temperatur regenerasi. Perubahannya semakin besar seiring dengan semakin tingginya temperatur regenerasi. Garis perubahan keadaan ruangan mendekati dengan metode penurunan kelembaban relatif dengan heating (pemanasan), tetapi disini terjadi penambahan masa uap air ke sistem (terjadi kenaikan ratio kelembaban).

Pressure: 101325 Pa

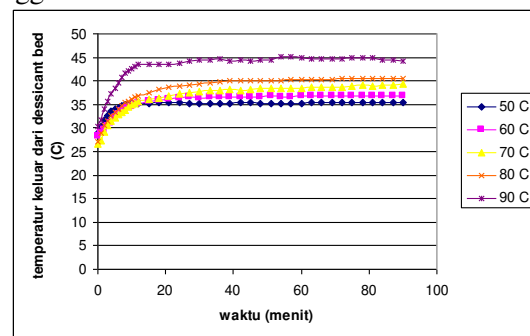


Gambar 13 Perubahan keadaan ruangan dengan variasi pada bagan psikrometri

Analisis Perubahan Kelembaban Melewati Dessicant Rotary Wheel

Gambar 12 menggambarkan perubahan rasio kelembaban udara melewati *dessicant rotary wheel*, dapat dilihat bahwa tidak terjadi penurunan ratio kelembaban tetapi justru terjadi kenaikan ratio kelembaban, Hal ini dikarenakan adanya udara luar yang masuk ke dalam sistem.

Udara dalam sistem cukup tinggi menyebabkan tekanan uap air dalam udara sistem menjadi rendah (grafik temperatur udara keluar dari *dessicant bed* dapat dilihat pada gambar 14). Oleh karena itu uap air dari luar akan masuk kedalam sistem. Semakin tinggi temperatur udara regenerasi menyebabkan semakin tinggi temperatur dalam sistem. Karena tekanan uap air udara akan semakin rendah seiring dengan kenaikan temperatur ruangan, maka kenaikan variasi temperatur akan menyebabkan perpindahan masa uap air dari lingkungan kedalam sistem semakin tinggi.

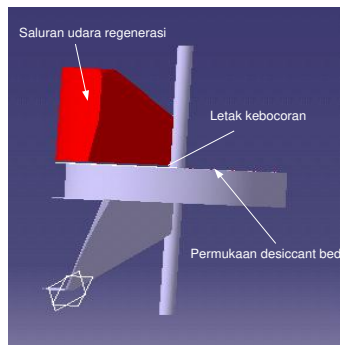


Gambar 14 Grafik perubahan temperatur keluar dari *dessicant bed*.

Silica gel tidak dapat mengikat uap air dari udara yang akan dikondisikan karena temperaturnya cukup tinggi, karena temperatur yang tinggi menyebabkan tekanan permukaannya lebih tinggi dari pada tekanan uap air udara. Perpindahan masa uap air dari udara kesilica gel tidak terjadi.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan temperatur silica gel menjadi tinggi, yaitu :

1. Walaupun sudah dilakukan isolasi dengan menggunakan kain asbes dan gips, perpindahan panas dari daerah regenerasi ke daerah penyerapan sangat tinggi karena material *desiccant bed* terbuat dari baja.
2. Adanya kebocoran udara regenerasi kedalam daerah adsorpsi.



Gambar 15 kebocoran udara

3. Teknologi penyerapan yang dipakai adalah jenis *econosorp* tetapi pendinginan yang dilakukan kurang efektif untuk menurunkan temperatur silica gel.
4. Diameter desiccant bed terlalu kecil, sehingga belum terjadi penyerapan silica gel sudah diregenerasi kembali, hal lain yang bisa dilakukan agar terjadi penyerapan adalah desiccant bed dengan putaran rendah (di beberapa penelitian diameter sampai 3 m dengan 10 putaran/jam).

DAFTAR PUSTAKA

1. Althouse, Andrew D, BS, (ME), MA. & Turnquist, Carl H, BS, (ME), MA. *Modern Refrigeration and Air Conditioning*. The Goodheart-Willcox Co. Inc. 1960.
2. ASHRAE Handbook 1985 Fundamental. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineering, Inc. Atlanta, GA. 1971
3. Brundrett, G.W. 1987. *Handbook of Dehumidification Technology*. London: Butterworths.
4. Carrier Air Conditioning Company. *Handbook Of Air Conditioning System Design*. McGraw-Hill, Inc. 1965
5. Dossat, Roy J. *Principles of Refrigeration Second Edition*. John Wiley & Sons. New York. 1981
6. Holman, J. P. Alih bahasa Jasjfi, E. Ir. MSc. *Metode Pengukuran Teknik*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1985.
7. Holman, J. P. Alih bahasa Jasjfi, E. Ir. MSc. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1988.
8. *Industrial Chemical Handbook*, Small Business Publications, SBP Building, 4/45, Roop Nagan Delhi.
9. Jones, P.W, *Air Conditioning Engineering*. Edward Arnold, London, 1994
10. Liptak, Bela C. *Instrument Engineers Handbook*. Chilton Book Company, Pennsylvania. 1982
11. Perry Robert H and Green Don W. *Chemical Engineering Handbook*, mc Graw-Hill Company. 1999
12. Sato, Heiza, Alih bahasa Aris Munandar, Wiranto. *Penyegar Udara*. PT Pradnya Paramita. Jakarta. 1981
13. Stoecker, Wilbert F & Jones, Jerold W. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Penerbit Erlangga, Jakarta. 1992.
14. Whitman, William C. & Johnson, William H. *Refrigeration & Air Conditioning Tecnology Second Edition*. Delmar Publishers Inc. New York. 1991
15. X. J Zang, K. Sumanthy, Y. J. Dai and R. Z. Wang, *Parametric Study On The Silica Gel-Calcium Chloride Composite Desiccant Rotary Whell Employing Fractal BET Adsorbtion Isotherm*.
16. www.nobel.scas.bcit.ca. (diakses tanggal 7 juli 2006)