

Studi Eksperimental Karakteristik Dan Regenerasi Kalsium Klorida Sebagai Material Pada Pengkondisian Udara Adsorpsi

Cut Tasya Yuhna, Made Sucipta, D N K Putra Negara

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Untuk mendapatkan rasa nyaman dalam suatu ruangan, digunakan sistem air conditioning atau (AC) dengan menggunakan kompresor dan membutuhkan energi listrik dalam jumlah besar sehingga menambah angka pemanasan global dan krisis energi. Merujuk pada hal tersebut, dibutuhkan sistem pendingin ramah lingkungan dan juga hemat energi. Alternatifnya yakni menggunakan material kalsium klorida dalam pengkondisian udara adsorpsi. Dalam sistem tersebut, perubahan suhu dan kadar kelembaban didapat dari proses penyerapan uap air pada udara yang terjadi pada material kalsium klorida dalam packed bed. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis karakteristik CaCl_2 dan performanya terhadap kelembaban. Karakteristik yang diuji juga meliputi uji sudut kontak. Hasil yang diperoleh, kinerja CaCl_2 sangat baik dalam menurunkan kelembaban absolut udara pada ruang uji (dehumidifikasi). Hal ini dapat dilihat pula dari penambahan massa uap air pada CaCl_2 , namun berpengaruh kecil terhadap penurunan temperatur ruangan. Hanya saja regenerasi CaCl_2 kurang baik karena material CaCl_2 cenderung berubah fase.

Kata Kunci: Pengkondisian udara adsorpsi, kalsium klorida, karakteristik, regenerasi, dan kelembaban

Abstract

To get a sense of comfort in a room, an air conditioning or (AC) system is used by using a compressor and requires large amounts of electrical energy, thus increasing the number of global warming and the energy crisis. Referring to this, an environmentally friendly and energy efficient cooling system is needed. The alternative is to use calcium chloride material in adsorption air conditioning. In this system, changes in temperature and humidity levels are obtained from the process of absorption of water vapor in the air that occurs in calcium chloride material in the packed bed. The purpose of this study was to analyze the characteristics of CaCl_2 and its performance against humidity. The characteristics tested also include the contact angle test. The results obtained, the performance of CaCl_2 is very good in reducing the absolute humidity of the air in the test chamber (dehumidification). This can also be seen from the addition of water vapor mass in CaCl_2 , but it has little effect on the decrease in room temperature. It's just that the regeneration of CaCl_2 is not good because the CaCl_2 material tends to change phase.

Keywords: Adsorption air conditioning, calcium chloride, characteristics, regeneration, and humidity

1. Pendahuluan

Sumber daya alam di Indonesia amatlah berlimpah, beberapa diantaranya yaitu minyak bumi, gas alam, batu bara, dan lainnya. Tidak lepas dari itu semua, penggunaan sumber daya alam tersebut menimbulkan dampak yang cukup buruk. Krisis energi dan pemanasan global merupakan contoh dua dampak besar yang sedang kita hadapi saat ini. Salah satu dampak yang cukup besar pada pemanasan global terkait perkembangan teknologi yang sangat pesat ini yaitu penggunaan CFC (*chlorofluorocarbon*) di dalam mesin pendingin. CFC merupakan zat kimia yang didalamnya terkandung klorin (*chlorine*), fluorin (*fluorine*), dan yang terakhir karbon (*carbon*). CFC memberikan dampak yang buruk karena sifatnya yang dapat merusak lapisan ozon. CFC akan terurai ketika sampai pada stratosfer karena intensitas dari sinar ultraviolet matahari, kemudian melepaskan atom klorin (Cl). Satu atom klorin mampu memecahkan

ribuan ozon, sehingga lapisan ozon pun menjadi semakin tipis [1].

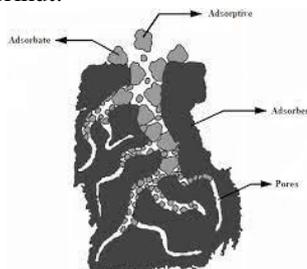
60% listrik hotel yang berada di kota Bandung dikonsumsi untuk menyuplai energi pada mesin pengkondisian udara [2]. Untuk meminimalisir dampak negatif tersebut, dapat dilaksanakan pengembangan sistem pengkondisian udara dengan cara adsorpsi [3]. Sistem adsorpsi merupakan sistem penyerapan secara fisika dengan pasangan adsorben dan adsorbat. Sistem adsorpsi memiliki kelebihan dibandingkan sistem pengkondisian udara lainnya yaitu menggunakan energi matahari maupun panas dari mesin, sehingga energi panas yang sudah terbuang bisa diolah kembali dan refrigeran yang dipakai memiliki sifat *non-GWP* dan *non-ODS* [4]. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *Calcium chloride*. CaCl_2 merupakan senyawa ionik dimana terdiri atas dua unsur, yakni kalsium dan klorin [5].

Untuk mengetahui lebih lanjut perihal sifat dan strukturnya, telah dilakukan penelitian dengan variasi

waktu dan temperatur saat pemanasan. Durasi waktu pemanasan yang pertama yakni 10 menit, 5 menit, dan 2.5 menit dengan oven pada temperatur 120°C. Selanjutnya dengan variasi temperatur pemanasan pada 100°C dengan kurun waktu 1 menit dan 0.5 menit. Percobaan terakhir dilakukan dengan cara memanaskan CaCl₂ menggunakan *hairdryer* pada temperatur 57°C selama 30 menit

2. Dasar Teori

Adsorpsi merupakan sebuah proses adsorben (fluida) dan juga adsorbat (padatan) melepaskan panas, dan terjadi pengurangan pergerakan dari molekul adsorbat dimana menyebabkan adsorbat menempel di permukaan adsorben sehingga terbentuk lapisan tipis [6]. Untuk mengetahui proses yang ada pada adsorpsi, diilustrasikan seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Adsorpsi

(<http://www.lontar.ui.ac.id/file?file=digital/125655-R020868-Pengujian%20alat-Literatur.pdf>)

Adsorben bisa diartikan sebagai suatu zat padat dimana memiliki kemampuan daya serap akan komponen tertentu dari fasa fluida [7]. Adsorben merupakan material ataupun zat yang memiliki keahlian untuk menggabungkan dan mempertahankan suatu cairan maupun gas yang berada di dalamnya [8]. Secara umum terdapat dua jenis adsorben, yakni adsorben polar dan nonpolar [9].

- Adsorben polar atau *hydrophilic*, contohnya seperti silica gel, active alumina, zeolit, kalsium klorida. Dimana air sebagai adsorbatnya.
- Adsorben non-polar atau disebut *hydrophobic*, seperti karbon aktif dan juga adsorben polimer. Oli atau gas sebagai adsorbatnya.

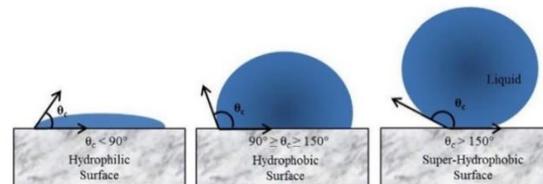
Calcium Chloride (CaCl₂) merupakan senyawa ionik dimana terdiri atas dua unsur, yakni kalsium dan klorin [10]. *Calcium Chloride* merupakan garam berwarna putih yang memiliki sifat higroskopis terhadap air. Higroskopis merupakan kemampuan sebuah zat dalam menyerap molekul air dari lingkungannya, dengan cara adsorpsi. Sebuah zat dapat disebut sebagai *higroskopis* jika memiliki daya serap yang baik terhadap molekul air [11]. *Calcium Chloride* mempunyai beberapa manfaat, sebagai zat

pencair es (*de-icing*), zat pengering (*dessicant*), serta sebagai zat aditif pada industri makanan, dan kegunaan lainnya [12]. Gambar 2 merupakan material CaCl₂ yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Kalsium Klorida

Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk antara bidang datar material uji dan permukaan cairan yang ditetaskan pada material uji. Dari pengamatan sudut kontak dapat diketahui permukaan bersifat *hydrophobic* atau bersifat *hydrophilic*. Suatu bahan dapat disebut mempunyai sifat hidrofobik jika air sulit mengalir pada permukaannya, dan disebut hidrofilik jika air dengan mudah mengalir pada permukaan tersebut [13]. Gambar 3 merupakan ilustrasi gambarnya.



Gambar 3. Sudut kontak (douglas, 2013)

3. Metode Penelitian

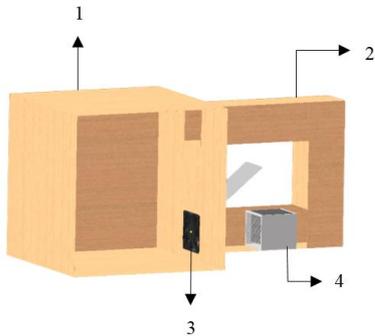
Alat dan bahan yang dipergunakan dalam pengujian pengkondisian udara ini, yaitu:

- Alat uji pengkondisian udara
- Oven listrik
- Timbangan digital
- Thermometer ruangan
- Higrometer
- Inclined Manometer
- Packed Bed
- Stopwatch
- Kalsium Klorida (CaCl₂)

Pengujian akan dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu proses pengeringan, pengujian *proximate*, uji sudut kontak, regenerasi. Masing-masing tahap diatas mempunyai prosedur pengujian tersendiri.

Pada tahap ini, material uji yang berupa CaCl₂ yang sudah di dapatkan dari pasar komersial. Material tersebut diuji regenerasi dan kemampuannya dalam menyerap kelembaban hingga mencapai kondisi jenuh pada ruang uji dengan sirkulasi udara

melalui tumpukan (*packed bed*) yang telah disiapkan.. Kondisi jenuh tersebut ditandai oleh tidak adanya lagi pertambahan massa. Hal ini dikarenakan massa air yang diserap tidak lagi bertambah. Ruang uji yang dipergunakan pada penelitian dapat diamati pada Gambar 4.



Gambar 4. Ruang Uji

keterangan:

1. Model ruang uji dirancang menggunakan bahan dasar triplek yang berukuran 50cm x 50cm
2. Saluran berukuran 50cm x 8cm
3. Kipas komputer berukuran 8cm x 8cm
4. Wadah material uji (*packed bed*)

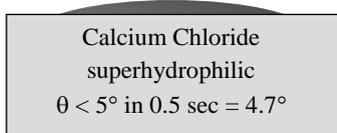
Urutan proses sebagai berikut:

1. Pemanasan.
Saat sebelum dilakukan pengujian, seluruh material uji dikeringkan terlebih dahulu agar uap air yang berada pada material hilang sebelum dimasukkan pada ruang uji. Proses tersebut dilakukan dengan memanaskannya dalam oven pada suhu dan waktu yang divariasikan
2. Pengukuran.
Mengukur massa material uji. yang diperlukan
3. Pengujian.
Material tersebut diuji kemampuan dalam menyerap kelembaban udara selama 2 jam untuk model ruang uji yang dibuat. Material diuji sebanyak 7 kali secara berulang mulai dari pemanasan untuk mengetahui regenerasinya. Untuk hasil akhir dilihat dan diukur temperatur dan kelembaban dari model ruang uji tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil uji Sudut Kontak

Hasil besarnya sudut kontak suatu permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan pengamatan langsung dengan cara pemotretan kamera digital.



Gambar 5. Sudut kontak pada CaCl₂

Hasil pemotretan kemudian diolah menggunakan aplikasi software yakni *Image J* untuk menentukan sudutnya agar lebih akurat. Gambar 5 memperlihatkan hasil uji sudut kontak dari material kalsium klorida.

Pada Gambar 5 tersebut menunjukkan bahwa kalsium klorida memiliki sifat *superhydrophilic* atau air dengan sangat mudah dapat mengalir pada permukaan material tersebut karena nilai sudut kontak yang sangat kecil yaitu 4.7°. dapat juga kita perhatikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Sudut Kontak CaCl₂

Material	Sudut Kontak (°)	Cosθ
Calcium Chloride (CaCl ₂)	4.7°	0.996

4.2. Hasil Penelitian

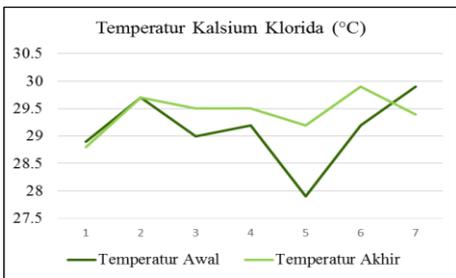
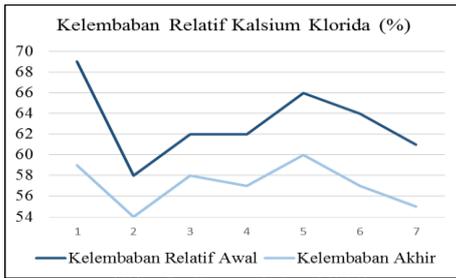
Pada Tabel 2 berikut, dapat kita lihat perubahan temperatur, kelembaban, dan massa dari kalsium klorida sebelum dan setelah dilakukannya regenerasi secara berulang selama 7 kali dengan variasi waktu dan temperatur pemanasan yang sudah ditentukan

Tabel 2. Hasil Uji CaCl₂ pada Pengkondisian Udara

Jenis Material	Pengujian		Temperatur (°C)		Kelembaban Relatif (%)		Massa Material (g)		Tekanan		
	Waktu	Temp	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
Kalsium Klorida (CaCl ₂)	1	30 menit	120°C	28.9	28.8	69	59	199.6	208.8	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	2	10 menit		29.7	29.7	58	54	200.5	207.7	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	3	5 menit		29	29.5	62	58	201.7	206.8	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	4	2.5 menit	100°C	29.2	29.5	62	57	198.7	205.8	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	5	1 menit		27.9	29.2	66	60	200.6	207.9	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	6	0.5 menit		29.2	29.9	64	57	200.4	207.2	2.2 cmHg	2.2 cmHg
	7	30 menit	57°C	29.9	29.4	61	55	200.2	207.2	2.2 cmHg	2.2 cmHg
Rata-rata			29.1	29.4	63.1	57.1	200.2	207.3	2.2 cmHg		

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 2, kalsium klorida cukup memberikan pengaruh yang besar terhadap pengkondisian udara dan didapatkan data regenerasi yang tidak jauh berbeda antara variasi waktu dan temperatur satu sama lain dalam penurunan kelembaban. CaCl₂ dapat menyerap kelembaban dengan rata-rata keseluruhan sebesar 9.5% atau dari 63.1% menjadi 57.1%. Dari kelembaban tersebutpun mengarah pada massa dari kalsium klorida yang bertambah sebanyak 7.12 gram.

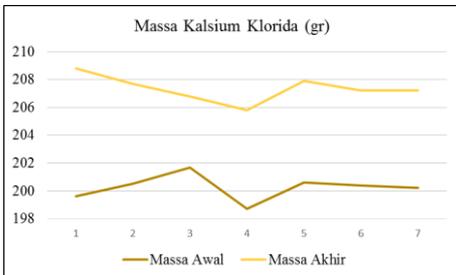
Hasil data uji yang telah dipaparkan dapat kita amati dengan grafik, dimana terjadi naik turun temperatur dan kelembaban dari 1 hingga 9 kali regenerasi. Jika dicermati secara teliti pada Gambar 6, memperlihatkan titik terendah kelembaban yang dihasilkan dari kalsium klorida yakni 54%. Dimana memberikan penurunan yang cukup signifikan. Itu terjadi karena kalsium klorida memiliki nilai sudut kontak yang sangat kecil yang berarti memiliki sifat *superhydrophilic*, dimana air dengan mudah terserap pada fisik CaCl₂.



(b) Grafik temperatur

Gambar 6. Grafik perubahan kelembaban dan temperatur CaCl₂

Pada Gambar 7 juga memperlihatkan bahwa massa uap air yang diserap oleh kalsium klorida cukup banyak, karena diiringi dengan pertambahan massa yang terjadi pada kalsium klorida yakni sebesar 7.1 gram, dari 200.2 menjadi 207.3 gram.



Gambar 7. Grafik pertambahan massa CaCl₂

Merujuk pada variasi pengujian regenerasi yang sudah dilakukan, didapatkan bentuk fisik yang berbeda dari CaCl₂. Walaupun daya serap kalsium klorida baik namun karakteristik regenerasinya kurang baik. Bentuk fisik dari kalsium klorida berubah menjadi mencair dan melebur. Ini berhubungan dan disebabkan pula karena material kalsium klorida memiliki sifat *superhydrophilic* yang dimana memiliki arti air mudah teradsorpsi pada permukaannya.

Saat uji sudut kontak dan air ditetaskan kemudian jatuh pada permukaan kalsium klorida, air tersebut langsung diadsorpsi oleh material tersebut dan secara fisik tidak ada yang tersisa pada permukaan kalsium klorida. Sehingga keseluruhan fisik kalsium klorida menjadi basah dan mudah mencair. Berikut merupakan gambar hasil uji kalsium

klorida setelah setiap 2 jam pengujian dari Gambar 8 hingga 14.



Gambar 8. Hasil Uji 30 menit 120°



Gambar 9. Hasil Uji 10 menit 120°



Gambar 10. Hasil Uji 5 menit 120°



Gambar 11. Hasil Uji 2.5 menit 120°



Gambar 12. Hasil Uji 1 menit 100°



Gambar 13. Hasil Uji 0.5 menit 100°



Gambar 14. Hasil Uji 30 menit 57°

5. Kesimpulan

Merujuk hasil pengujian dan penelitian yang sudah dilakukan tentang kalsium klorida, didapat kesimpulan:

1. Kalsium klorida memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap pengkondisian udara. CaCl_2 memiliki kemampuan yang baik dalam penerunan kelembaban absolut udara pada ruang uji atau dehumidifikasi yakni sebesar 9.5 % diiringi dengan penambahan massa yang lebih besar, namun tidak berpengaruh terhadap penurunan temperatur ruangan.
2. Kalsium klorida memiliki karakteristik regenerasi yang kurang baik. Setiap kali uji regenerasi selesai, bentuk fisiknya berubah mencair dan melebur sehubungan dengan nilai sudut kontak yang dimilikinya yaitu 4.7° . Sehingga material tersebut tidak dapat digunakan secara berulang, dan harus diganti setiap kali melakukan pengujian.

Daftar Pustaka

- [1] Cahyono, E., 2005, *Pengaruh Penipisan Ozon terhadap Kesehatan Manusia. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Bandung
- [2] Berman, E. T., 2012, *Pengaruh Penggunaan Suction Liquid Heat Exchanger dan Tube in Tube Heat Exchanger Pada Refrigerator Terhadap Daya Kompresor dan Waktu Pendinginan*, Jurnal Energi Dan Manufaktur, Vol.5, No.1.
- [3] Hariyono, H., & Martin, A. *Rancang Bangun Sistem Pendingin Adsorpsi dengan Pasangan Karbon Aktif-Metanol sebagai Adsorben-Adsorbat*, Doctoral dissertation, Riau Universit..
- [4] Hintingo, I., & Martin, A. 2014, *Unjuk Kerja Sistem Pendingin Adsorpsi dengan Pasangan Karbon Aktif-Metanol sebagai Adsorben-Adsorbat.* Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, vol. 1, no. 2, pp. 1-15.
- [5] Nopi, M., 2012, *Studi Eksperimental Pendingin Adsorpsi Amonia- CaCl_2 Energi Surya Menggunakan Perbandingan Amonia- CaCl_2 0,6*. Skripsi Sarjana Program Studi

Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.

- [6] Hariyono, H., & Martin, A. *Rancang Bangun Sistem Pendingin Adsorpsi dengan Pasangan Karbon Aktif-Metanol sebagai Adsorben-Adsorbat*, Doctoral dissertation, Riau University.
- [7] Arfan, Y., 2006, *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya*, Depok, Departemen Teknik kimia FT-UI.
- [8] Suryawan, B., 2004, *Karakteristik Zeolite Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*, Disertasi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [9] Saragih, 2008, *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*, Tesis, Pascasarjana Universitas Indonesia, Jakarta.
- [10] Nopi, M., 2012, *Studi Eksperimental Pendingin Adsorpsi Amonia- CaCl_2 Energi Surya Menggunakan Perbandingan Amonia- CaCl_2 0,6*, Skripsi Sarjana Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
- [11] Puja, I. G.K., Sambada, FA. R., 2012, *Studi Eksperimental Pendingin Adsorpsi Amonia- CaCl_2 Energi Surya*. In Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV. Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta
- [12] Utomo, R.K., Maswiarso, A., 2019, *Pra rancangan pabrik kimia kalsium klorida dari asam klorida dan batuan kapur dengan kapasitas 10.000 ton/tahun*, Skripsi. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.
- [13] Samsurizal S, 2018, *Studi Sifat Transfer Hidrofobik Dari Bahan Isolator Polimer Silicone Rubber Akibat Pengaruh Cuaca Didaerah Tropis Perkotaan*, Setrum, Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, 7(2), 288-295.



Cut Tasya Yuhna menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, Tahun 2021.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan termodinamika dan refrigerasi.