

Analisis Karakteristik Bahan Alam Sebagai Adsorben Pada Pengkondisian Udara Adsorpsi

Aqsal Raja Bramastha, Made Sucipta, Hendra Wijaksana
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Agar merasa nyaman dan sejuk dalam suatu ruangan, digunakan sistem air conditioning (AC) yang menggunakan kompresor dan butuh pemasok energi listrik yang cukup besar sehingga meningkatkan angka pemanasan global dan terjadinya krisis energi. Merujuk pada hal tersebut, dibutuhkan sistem pendingin yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif yaitu dengan menggunakan bahan alam sebagai adsorben dalam pengkondisian udara adsorpsi. Dalam sistem tersebut, perubahan kadar kelembaban terjadi karena adanya proses penyerapan kelembaban udara pada setiap material uji didalam packed bed. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui regenerasi karakteristik dari bahan alam dan karbon aktif, serta kinerjanya terhadap kelembaban. Karakteristik yang diuji juga meliputi uji sudut kontak dan uji proximate. Selain jenis material, dilakukan juga variasi massa 200gr, 400gr, dan 600gr dan juga variasi gabungan antar material. Hasil yang didapat dari pengujian regenerasi sebanyak 9 kali, bahan alam memberikan pengaruh terhadap pengkondisian udara. Semakin besar massa yang diujikan, semakin meningkat kemampuannya dalam menurunkan kelembaban. Dalam artian lain, karbon aktif 600gr memberikan kinerja paling optimal diantara bahan alam lainnya, baik dalam variasi massa maupun variasi gabungan

Kata kunci: Pengkondisian udara adsorpsi, bahan alam, karakteristik, regenerasi, dan kelembaban

Abstract

To feel comfortable and cool in a room, an air conditioning (AC) system is used which is uses a compressor and requires a large amount of electrical energy, thereby increasing global warming and the occurrence of an energy crisis. Referring to this, a cooling system that is more environmentally friendly, efficient, save energy is needed. One of the alternative is use natural materials as adsorbents in adsorption air conditioning. In this system, changes in moisture content occur due to the process of absorption of air moisture in each test material in the packed bed. This study aims to determine the regeneration characteristics of natural materials, activated carbon, as well as their performance against moisture. The characteristics tested also include contact angle test and proximate test. In addition to the type of material, mass variations of 200gr, 400gr, and 600gr are also carried out as well as variations in the combination between materials. The results obtained from the regeneration test 9 times, natural ingredients have an effect on air conditioning. The larger the mass tested, the greater its ability to reduce humidity. In another sense, 600gr activated carbon provides the most optimal performance among other natural materials, mass variations and combined variations.

Keywords: Adsorption air conditioning, natural materials, characteristics, regeneration, and humidity

1. Pendahuluan

Batu bara, minyak bumi, gas alam merupakan salah satu sumber daya alam yang paling sering digunakan, sehingga semakin hari mengalami krisis ketersediaan. Dampak lain yang ditimbulkan yaitu pemanasan global. Pemanasan global yang semakin tinggi angkanya terjadi karena meningkatnya emisi gas rumah kaca di atmosfer, emisi ini berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara). Salah satu penyebab pemanasan global yakni pemakaian pendingin ruangan atau Air Conditioner (AC). Hal ini disebabkan karena pada pendingin ruangan tersebut membutuhkan refrigerant, dimana salah satunya adalah CFC (*chlorofluorocarbon*). Klorin (*chlorine*), fluorin (*fluorine*), dan karbon (*carbon*) merupakan zat kimi yang terkandung pada CFC. CFC memberikan dampak yang buruk karena memiliki sifat yang dapat merusak lapisan ozon. CFC akan terurai ketika sampai di stratosfer karena intensitas sinar ultraviolet dari matahari, kemudian melepaskan atom klorin

(Cl). Ribuan molekul ozon dapat terpisahkan atau terpecahkan karena satu molekul atom klorin, sehingga penipisan pun terjadi pada lapisan ozon [1].

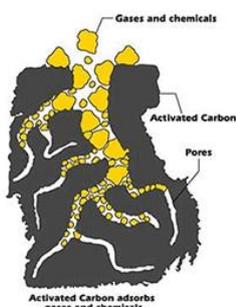
Sebesar 60% penggunaan listrik pada hotel di kota Jakarta dipergunakan untuk menyuplai energi pada mesin pendingin [2]. Untuk mengatasi dan mengurangi dampak krisis energi dan pemanasan global tersebut, dapat dilakukan pengembangan sebuah sistem pengkondisian udara secara adsorpsi [3]. Proses yang terjadi disaat suatu fluida (cair atau gas) terikat pada suatu padatan (penyerap atau adsorben) dan terbentuknya suatu lapisan tipis atau film (zat terserap: adsorbat) di permukaannya yakni disebut Adsorpsi. Dalam Pengujian ini, adsorben yang digunakan sebagai material pengkondisian udara adsorpsi merupakan adsorben bahan alam, seperti karbon aktif berbasah dasar tempurung kelapa, zeolite, dan batu apung yang nantinya akan digabungkan.

Pengujian regenerasi dalam penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk

mengetahui regenerasinya dengan durasi selama 2 jam di dalam ruang uji pengkondisian udara. Dengan temperatur pemanasan pada oven 120°C durasi waktu 30 menit. Untuk mengetahui lebih lanjut terkait sifat setiap material uji, dilakukan pengujian sudut kontak dan juga uji proximate.

2. Dasar Teori

Adsorpsi adalah sebuah peristiwa dimana terjadinya molekul-molekul dari suatu senyawa terjerap atau terikat oleh permukaan zat padat. Adsorpsi adalah proses yang terjadi ketika suatu fluida terikat pada sebuah padatan kemudian membentuk suatu lapisan tipis pada permukaannya. Adanya gaya tarik menarik antara sebuah molekul adsorbat dan tempat aktif pada suatu permukaan adsorben menyebabkan terjadinya adsorpsi. Untuk memahami proses yang terjadi pada adsorpsi, dapat diperhatikan ilustrasi Gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Skema proses adsorpsi (<https://vertexenvironmental.ca/>)

Adsorben merupakan suatu zat atau bahan/material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan suatu cairan atau gas di dalamnya [4]. Adsorben adalah material yang memiliki pori-pori dan adsorpsi terjadi pada dinding pori atau daerah tertentu pada pori tersebut. Terdapat dua jenis adsorben, yakni adsorben polar dan adsorben nonpolar [5].

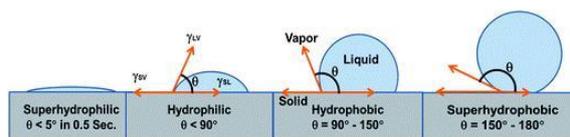
1. Adsorben polar atau disebut juga *hydrophilic*, diantaranya seperti zeolite, silica gel, alumina aktif.
2. Adsorben non-polar atau *hydrophobic*, contoh adsorben yang tergolong dalam kelompoknya yakni karbon aktif dan polimer adsorben.

Jenis adsorben yang sering kali digunakan dalam sistem adsorpsi dan juga adsorben yang akan digunakan dalam pengujian ini yakni karbon aktif. Hal ini dikarenakan luas permukaan juga kemampuan adsorpsi yang dimiliki karbon aktif lebih baik dibandingkan jenis adsorben lainnya. Luas permukaan karbon aktif yang besar disebabkan karena memiliki struktur pori-pori. Pori-pori tersebutlah yang menjadikan karbon aktif berkemampuan untuk menyerap [6].

Zeolit mempunyai beberapa sifat, seperti mudah melepas air karena pemanasan, namun zeolite juga

mudah mengikat dan menarik kembali molekul air dalam udara lembab. Sifat zeolit sebagai salah satu jenis adsorben dan sebagai penyaring molekul terjadi karena struktur zeolite yakni berongga. Karena itulah zeolit dapat menyerap sejumlah besar molekul-molekul yang memiliki ukuran lebih kecil atau sama dengan ukuran rongga yang dimilikinya. Batu apung atau *pumice* merupakan salah satu bahan alam dan juga salah satu jenis adsorben yang mempunyai harga atau biaya yang lebih ekonomis, dan memiliki tingkat efektifitas baik. Struktur batu apung sendiri berpori dan terkandung banyak kapiler-kapiler halus. Hal itu membuat adsorbat akan teradsorpsi pada kapiler.

Sudut kontak merupakan sudut yang terbentuk antara bidang datar suatu material uji dan permukaan cairan atau droplet yang ditetaskan pada material uji. Dari pengamatan langsung terhadap sudut kontak, nantinya akan diketahui material yang diuji memiliki sifat *hydrophilic* atau *hydrophobic*. Suatu bahan dapat disebut hidrofobik jika air sulit mengalir pada permukaan material, dan disebut hidrofilik jika air dengan mudah mengalir pada permukaan tersebut [7]. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi nilai sudut kontak.



Gambar 2. Sudut kontak (Rohaeti, 2017)

3. Metode Penelitian

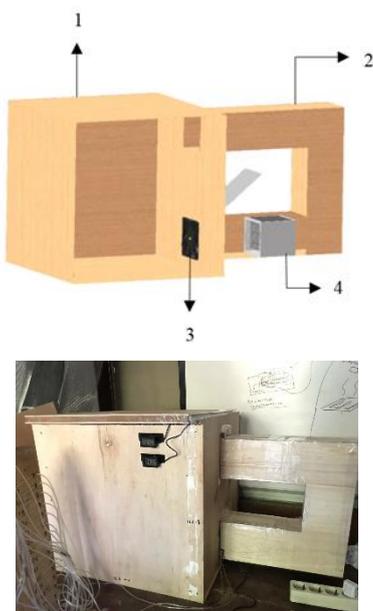
Alat dan bahan yang dibutuhkan dan digunakan pada penelitian pengkondisian udara ini sebagai berikut:

1. Ruang uji pengkondisian udara
2. Oven listrik (proses pemanasan untuk menghilangkan kadar air)
3. Timbangan digital
4. Inclined manometer
5. Higrometer
6. Packed bed
7. Saringan mesh
8. Stopwatch

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan proses pengujian, yang pertama yaitu proses pemanasan menggunakan oven, pengujian regenerasi pada ruang uji, pengujian sudut kontak, dan terakhir pengujian proximate. Masing-masing pengujian tersebut memiliki prosedur pengujiannya tersendiri dan berbeda satu sama lain. Pada tahap ini, material berupa karbon aktif, zeolite, dan batu apung yang sudah didapatkan secara komersial digabungkan dengan perbandingan 1:1 atau dengan total massa keseluruhan material gabungan sebesar 600gr. Material gabungan diuji daya serapnya terhadap

kelembaban udara pada model ruang uji dengan sirkulasi udara melalui tumpukan packed bed yang sudah disiapkan.

Material gabungan karbon aktif + zeolite + batu apung (KA+ZE+BA) diuji regenerasi dan kemampuannya dalam menyerap kelembaban hingga mencapai kondisi jenuh. Kondisi jenuh tersebut ditandai dengan tidak adanya lagi penambahan massa dan perubahan kelembaban. Gambar 3 berikut merupakan ruang uji yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Ruang uji pengkondisian udara

keterangan:

1. Ruang uji dibangun menggunakan bahan dasar triplek yang berdimensi 50cm x 50cm
2. Saluran ruang uji berukuran 40cm x 8cm
3. Kipas komputer berukuran 8cm x 8cm
4. Wadah material uji atau *packed bed*

Masing-masing material diuji kemampuan dalam menyerap kelembaban udara pada interval waktu tertentu dengan tahapan seperti berikut ini:

1. Pemanasan
Sebelum dilakukan pengujian, seluruh material uji dikeringkan secara berbarengan terlebih dahulu dengan cara memanaskannya dalam oven pada temperatur dan durasi waktu yang sama yakni 30 menit pada temperatur 120oC. Setelah di oven, material gabungan akan didiamkan terlebih dahulu sampai temperatur sama dengan temperatur ruangan.
2. Penimbangan
Pada penelitian ini seluruh material diuji secara berkelompok atau digabungkan, kemudian ditimbang sesuai massa yang telah ditentukan dengan rasio 1:1. dengan masing-masing massa per material yakni 200gram dimana total keseluruhan berat material gabungan yakni 600gram.

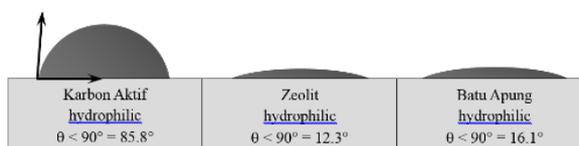
3. Penyerapan

Material yang telah digabungkan dan ditimbang, diuji regenerasinya selama 2 jam untuk ruang uji yang dibuat. Setiap pengujian individu dilakukan berulang sebanyak 5 kali mulai dari proses pengeringan untuk mengetahui regenerasinya. Hasil akhir diamati dan diukur temperatur dan kelembaban dari ruang uji tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil uji sudut kontak

Besar nilai sudut kontak suatu permukaan material bahan terhadap tetesan cairan diperoleh dengan cara pengamatan langsung menggunakan kamera digital dengan pengaturan *high speed*. Hasil pemotretan diolah menggunakan aplikasi software *Image J* untuk menentukan besar sudut secara akurat. Hasil uji sudut kontak dan ilustrasinya dapat diperhatikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai sudut kontak pada setiap permukaan material

Pada Gambar 4 yang sudah dipaparkan tersebut menunjukkan bahwa seluruh material uji memiliki sifat *hydrophilic* atau dengan arti air dapat mengalir pada permukaan material tersebut. Hal itu dikarenakan nilai sudut kontak yang dimiliki memiliki nilai dibawah 90°. Dapat juga diperhatikan dalam bentuk tabel pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai sudut kontak

Material	Sudut Kontak (°)	Cosθ
Karbon Aktif	85.8°	0.147
Zeolit	12.3°	0.977
Batu Apung	16.1°	0.96

4.2. Hasil Uji Proximate

Hasil uji dari pengujian proximate analisis yang sudah dilakukan pada setiap masing-masing material dapat diperhatikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil uji proximate

Material	Moisture (%)	Volatile (%)	Ash (%)	Fixed carbon (%)
Karbon aktif	7.86	16.29	1.19	74.65
Zeolit	5.5	9.47	85.2	0.01
Batu apung	6.73	7.86	85.37	0.03

Pada Tabel 2, material yang memiliki kandungan *moisture* paling rendah adalah material bahan alam zeolit yaitu sebesar 5.5% sedangkan material dengan kandungan paling tinggi dengan angka 7.86% yaitu karbon aktif. Merujuk pada standar SNI 06-3730-1995 kadar *moisture* untuk karbon aktif maksimal 15%. Untuk kadar *volatile* pada bahan alam batu apung memiliki kandungan cukup rendah yakni 9.47%, dan zeolite 9.47%. Jika dilihat lebih lanjut, *fixed carbon* pada Tabel 2 yang didapatkan pada sampel karbon aktif cukup tinggi yakni 74.65%. Batas minimal untuk kadar *fixed carbon* pada karbon aktif yaitu 65%. Diambil kesimpulan karbon aktif yang digunakan pada penelitian pengkondisian udara ini sesuai dengan standar SNI dan menunjukkan karbon yang tertinggal cukup besar walau sudah dilakukannya penentuan kadar *moisture*, ash, dan *volatile*.

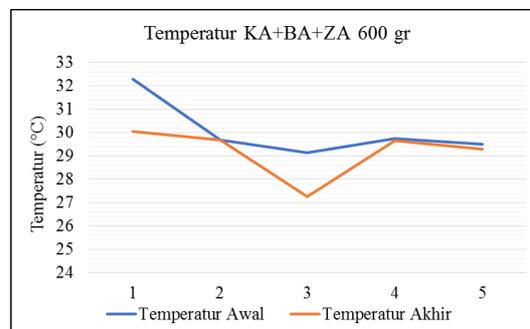
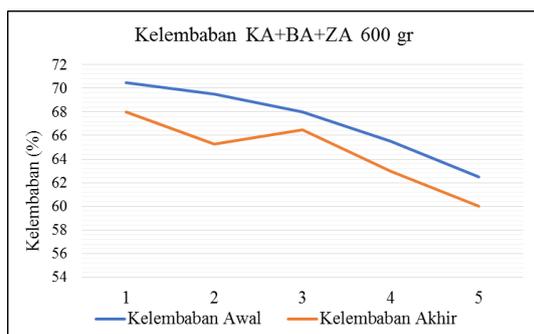
4.3. Analisa Data

Pengujian variasi kelompok dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali, dikarenakan setelah pengujian ke-5 material cenderung tidak memberikan perubahan yang signifikan dan tidak adanya penurunan pada kelembaban ruang uji. Tabel 3 dibawah ini merupakan hasil penelitian dari pengujian variasi kelompok atau gabungan.

Tabel 3. Hasil pengujian regenerasi gabungan

Material	Uji Regenerasi	Temperatur (°C)		Kelembaban (%)		Massa (gram)		Tekanan (cmHg)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
KA+BA+ZA	1	32.3	30.05	70.5	68	600.6	601.9	2.2	2.2
	2	29.7	29.7	69.5	65.25	600.4	601.7	2.2	2.2
	3	29.15	27.25	68	66.5	601.5	603.1	2.2	2.2
	4	29.75	29.65	65.5	63	601.2	602.4	2.2	2.2
	5	29.5	29.3	62.5	60	601.4	602.9	2.2	2.2
	Rata-rata	30.08	29.19	67.2	64.55	601	602.4	2.2	2.2

Hasil uji pada Tabel 3 diatas, tingkat penurunan kelembaban yang terjadi pada variasi kelompok KA+BA+ZE menyentuh angka terendah yakni 60%. Agar lebih terinci, dapat diamati secara grafik seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik tingkat penurunan kelembaban dan temperatur

Dapat disimpulkan berdasarkan Gambar 5 diatas, bahwa kinerja material gabungan karbon aktif, batu apung, zeolit (KA + BA + ZE) cukup baik. Tingkat penurunan kelembaban yang dicapai yakni 3.94% dari 67.2% menjadi 64.55% diiringi dengan penurunan temperatur paling besar pula yaitu 2.96%. Karakteristik regenerasi yang terjadi pada kelompok gabungan KA+BA+ZE cukup baik walau hanya dapat menurunkan kelembaban di angka 3-4% dan temperatur 1-2°C saja dibandingkan massa udara yang ada pada ruang uji. Saat material diujikan, sebelum waktu pengujian selesai material tersebut sudah terlebih dahulu jenuh untuk menyerap uap air yang berada di dalam ruang uji. Sehingga penurunan temperatur dan kelembaban yang terjadi tidak terlalu besar.

5. Kesimpulan

Melihat hasil dari penelitian dan beberapa pengujian regenerasi yang sudah dilakukan, didapat kesimpulan yaitu:

1. Penggabungan material antara karbon aktif, zeolite, dan batu apung dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan kelembaban udara masing-masing material dapat digolongkan belum berhasil. Sehubungan dimana tingkat penurnan temperatur yang dihasilkan termasuk tidak signifikan, yakni hanya 2.96% saja atau 0.89°C.
2. Penurunan temperatur yang tidak terlalu signifikan terjadi karena pada saat uap air di udara terjerap di permukaan material, terjadinya proses kondensasi yang menyebabkan penurunan temperatur walaupun dengan angka yang tidak besar.

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(1), 1-97.
- [3] Hariyono, H., & Martin, A. *Rancang Bangun Sistem Pendingin Adsorpsi dengan Pasangan Karbon Aktif-Metanol sebagai Adsorben-Adsorbat* (Doctoral dissertation, Riau University).
- [4] Suryawan, B. 2004, “*Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*” , Disertasi, Universitas Indonesia, Jakarta
- [5] Saragih. 2008, *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*, Tesis, Pascasarjana Universitas Indonesia, Jakarta.
- [6] Sudibandriyo, M. (2003). *A Generalized Ono-Kondo Lattice Model For High Pressure on Carbon Adsorben*, Ph.D Dissertation, Oklahoma State University
- [7] 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.

	<p>Aqsal Raja Bramastha Putra Fladiner menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana Tahun 2022.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati yaitu topik-topik yang berhubungan dengan termodinamika dan refrigerasi.</p>	