

Analisa Pengaruh Silica Gel Terhadap Konsumsi Listrik AC Single Split

Slamet, Andriono¹⁾, Handoyo, Ekadewi²⁾

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

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

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658 ^{1,2)}

E-mail : andriono2@gmail.com¹⁾, ekadewi@petra.ac.id²⁾

Abstrak. Inovasi dalam pengkondisian udara berhasil dilakukan untuk rumah kaca di Garden by The Bay, yang digunakan untuk menumbuhkan tanaman iklim Eropa yang hidup di udara dingin dan kering (kontras dengan udara Singapura yang panas dan lembab). Inovasinya adalah pengkondisian udara yang dibantu liquid desiccant untuk mengurangi kadar uap air udara yang masuk ke AHU. Dari keberhasilan ini, dilakukan penelitian untuk penerapan inovasi serupa di AC single split, dengan menggunakan desiccant berupa silica gel yang diwadahi dalam sebuah frame.

Yang diuji dalam penelitian ini adalah pengaruh ketebalan silica gel didalam frame dengan ketebalan 6 mm dan 8 mm dan kepadatan 1.27 g/cm³. Variabel yang diukur adalah konsumsi listrik, temperatur dry-bulb dan wet-bulb udara.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa: 1) Entalpi udara setelah melalui silica gel mengalami kenaikan, 2) Temperatur ruangan meningkat dari 20.48°C menjadi 22.98°C (6 mm silica gel) dan 23.21°C (8 mm silica gel), 3) Konsumsi listrik menurun dari 1.57 kWh menjadi 1.23 kWh (6 mm silica gel), dan 1.08 kWh (8 mm silica gel), 4) Penurunan kWh disebabkan penurunan laju aliran massa udara melalui yang melalui evaporator AC, dari mulanya 0.15 kg/s menjadi 0.06 kg/s (6 mm silica gel), dan 0.05 kg/s (8 mm silica gel).

Kata Kunci: Pengkondisian udara; AC single split; silica gel; diagram psikrometrik; konsumsi listrik

1. Pendahuluan

Di berbagai belahan dunia, tak terkecuali negara Indonesia, konsumsi energinya terus menerus bertumbuh. Karena Indonesia adalah negara yang berkembang dan akan terus maju, tidak salah jika kita mengamati negara maju untuk melihat perkembangan konsumsi energi listriknya. Menurut *U.S. Energy Information Administration*, konsumsi listrik untuk pengkondisian udara adalah yang terbesar untuk segmen residential, yaitu 18% dari keseluruhan penggunaan listrik di residential. Karena itu, perlu diusahakan inovasi-inovasi untuk melakukan penghematan konsumsi listrik untuk pengkondisian udara. Salah satu inovasi dalam penghematan konsumsi listrik untuk pengkondisian udara ini bisa ditemukan di *Garden by The Bay*, Singapura.

Garden by The Bay di Singapura memiliki beberapa rumah kaca yang sangat besar, salah satunya adalah *Flower Dome*. *Flower dome* ini dinding dan seluruh atapnya berupa kaca, yang membuat sinar matahari bisa masuk guna fotosintesis tanaman didalamnya. *Flower dome* ini berfungsi untuk menumbuhkan tanaman Eropa yang memerlukan temperatur dan kelembaban yang sesuai, yaitu 25°C dan 65% *relative humidity* (Ingenia, 2009).

Tantangan utama dari *Flower Dome* ini adalah mendinginkan dan mengurangi kelembaban udara Singapura yang panas dan lembab pada rumah kaca tersebut dengan regulasi, bahwa emisi karbon tahunan yang dihasilkan tidak lebih besar daripada sebuah bangunan kantor modern di Singapura.

Metode yang digunakan di *Garden by The Bay* untuk menjawab tantangan tersebut salah satunya adalah menurunkan kelembaban udara yang masuk ke AHU (*Air Handling Unit*). Jadi udara yang akan didinginkan oleh AHU, dikontakkan dengan *liquid desiccant* terlebih dahulu. Udara yang mengalami kontak dengan *liquid desiccant* akan terserap kandungan uap airnya, sehingga udara tersebut turun kelembabannya dan membuat beban pendinginan AHU lebih ringan. Ketika *liquid desiccant* sudah jenuh karena menyerap uap air dari udara yang kontak dengannya, *liquid desiccant* tersebut akan ditreatment dengan *waste heat* sehingga *liquid desiccant* bisa menyerap kandungan uap air dari udara lagi.

Melihat metode tersebut, penurunan kelembaban udara untuk pengkondisian udara berkapasitas besar dengan liquid desiccant memang berhasil. Namun untuk AC yang berskala kecil, seperti AC *single split*, metode ini belum pernah dicoba. Dengan demikian, akan dilakukan penelitian ini untuk melihat seberapa besar signifikansi penurunan kelembaban udara dengan *solid desiccant* berupa *silica gel* terhadap konsumsi listrik AC *single split* berinverter.

1.1. Tujuan Penelitian

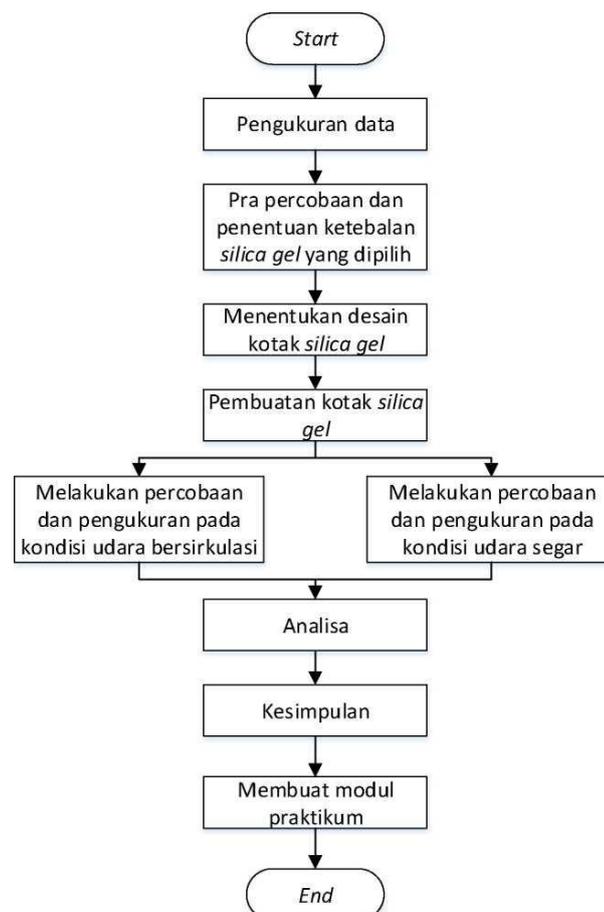
Tujuan penelitian ini adalah:

1. Meneliti pengaruh tebal *silica gel* untuk menurunkan kelembaban udara.
2. Mendesain *treatment* dengan *silica gel* untuk menurunkan kelembaban udara return yang masuk ke dalam evaporator AC *single split*.
3. Menganalisa variasi ketebalan *silica gel* terhadap konsumsi listrik AC *single split*.
4. Membuat modul praktikum analisa penurunan kelembaban udara terhadap konsumsi listrik AC *single split*.

1.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah, jika hasil dari penelitian ini jika terbukti efektif, maka akan bisa di aplikasikan ke industri *Air Conditioner* untuk membuat AC *single split* yang konsumsi listriknya semakin rendah.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

Metode penelitian ini dimulai dengan pengukuran data awal terlebih dahulu untuk mendapatkan data kecepatan udara *return AC* tanpa *treatment*. Dari data yang didapatkan di pengukuran data awal, dilakukan pra percobaan untuk menentukan ketebalan *silica gel* yang akan dipilih didalam percobaan berikutnya. Kemudian setelah dipilih ketebalan *silica gel*nya, dibuat desain kotak *silica gel* untuk *treatment* udara yang masuk ke *return AC*. Dari desain, dibuatlah kotak *silica gel* tersebut untuk percobaan.

Percobaan dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu kondisi udara bersirkulasi (pintu ruang pengujian ditutup), dan kondisi udara segar (pintu ruang pengujian dibuka). Sedangkan perlakuannya ada 3 jenis, yaitu: tanpa *treatment silica gel*, *treatment* ketebalan *silica gel* 6 mm, dan *treatment* ketebalan *silica gel* 8 mm. Data yang diukut didalam percobaan adalah konsumsi listrik, kecepatan udara *supply AC*, air kondensat yang dihasilkan dan temperatur *dry-bulb* dan *wet-bulb* pada: *return AC*, setelah *treatment silica gel*, dan *supply AC*. Durasi tiap jenis percobaan adalah 2 jam untuk mengantisipasi beban kerja yang berat saat *AC* pertama kali menyala sehingga bisa didapatkan kondisi yang *steady*. Dari data percobaan yang dilakukan, akan dianalisa untuk mengetahui pengaruh *silica gel* terhadap konsumsi listrik *AC*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rekap Data Kondisi *Steady*

Dari data-data yang didapatkan dalam percobaan, untuk pencatatan temperatur *dry-bulb* dan *wet-bulb*, data kondisi *steady* selama 30 menit dirata-rata untuk untuk memudahkan pengolahan di diagram psikrometrik. Inilah kondisi rekap datanya, yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Berikut ini adalah keterangan dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2:

Kode digit angka pertama menunjukkan tipe percobaan (1: percobaan tanpa *treatment*, 2: percobaan dengan *treatment silica gel* 6 mm, 3: percobaan dengan *treatment silica gel* 8 mm).

Kode digit angka kedua menunjukkan udara sirkulasi atau udara segar (1: udara sirkulasi, 2: udara segar)

Kode digit angka ketiga menunjukkan percobaan ke berapa.

Contoh: 2-1-2 berarti percobaan dengan *treatment silica gel* 6 mm dengan udara bersirkulasi dan percobaan ke 2.

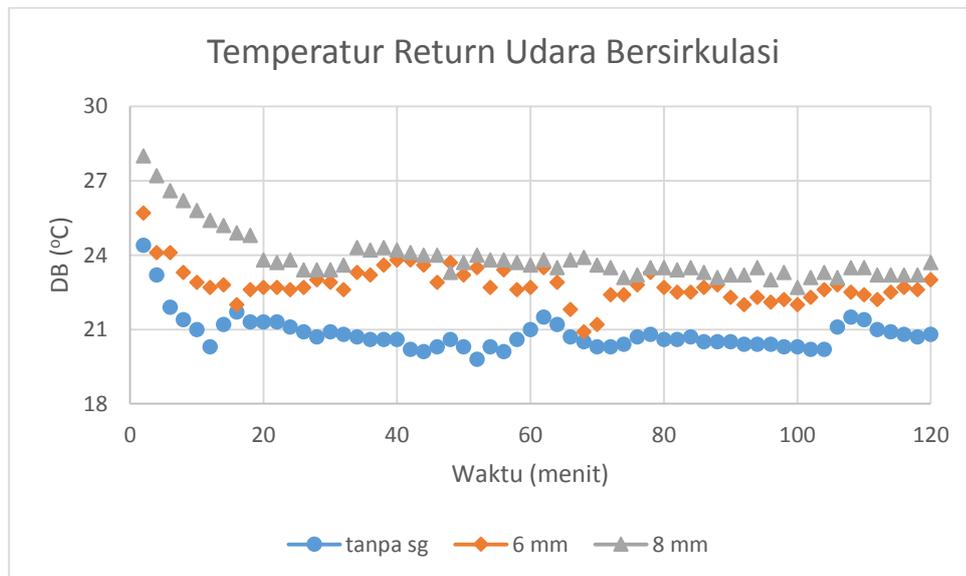
Tabel 1. Hasil Rekap Data Kondisi *Steady* Bagian 1.

	1-1-1	1-2-1	1-1-2	1-2-2	2-1-1	2-2-1
Konsumsi listrik (kwh)	0.52	1.58	0.52	1.56	0.51	1.27
Return DB (°C)	20.48	27.30	21.39	26.14	22.98	27.05
Return WB (°C)	17.05	23.30	21.11	24.02	17.64	22.44
Supply DB (°C)	13.43	15.57	14.40	16.67	13.40	13.70
Supply WB (°C)	13.54	14.78	14.21	15.91	12.16	12.87
SG DB (°C)					24.16	29.19
SG WB (°C)					17.83	22.36
Surrounding DB (°C)	26.61	26.37	28.53	26.57	29.14	28.35
Surrounding RH (%)	72.76	65.68	69.19	72.03	66.79	63.54
Kecepatan <i>supply</i> (m/s)	2.52	2.52	2.52	2.52	1.12	1.12
Kecapatan <i>return</i> (m/s)	1.57	1.57	1.57	1.57	0.52	0.52
Air kondensat (L)	0.30	4.30	0.75	5.00	0.34	3.08

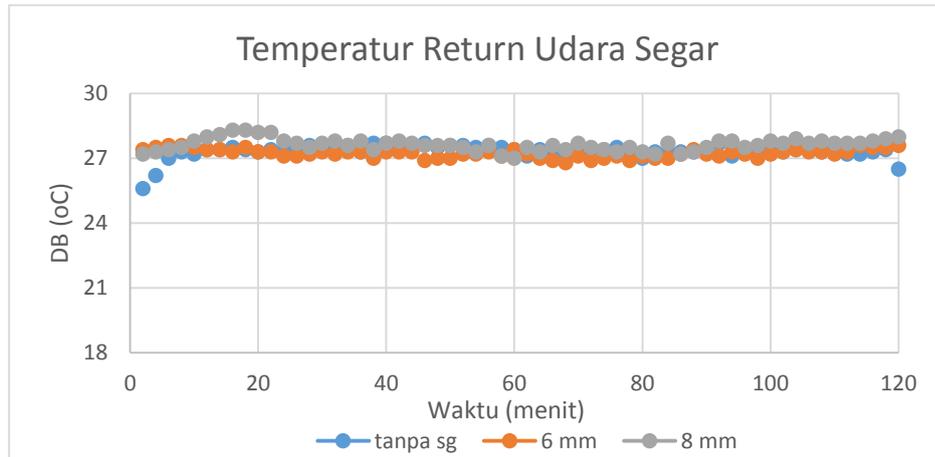
Tabel 2. Hasil Rekap Data Kondisi *Steady* Bagian 2.

	2-1-2	2-2-2	3-1-1	3-2-1	3-1-2	3-2-2
Konsumsi listrik (kwh)	0.49	1.20	0.50	1.19	0.50	0.98
Return DB (°C)	22.43	27.17	23.21	27.56	22.47	26.54
Return WB (°C)	17.12	21.69	17.67	22.51	16.45	20.91
Supply DB (°C)	13.98	12.67	15.28	14.17	12.91	11.14
Supply WB (°C)	13.56	11.79	14.12	13.00	12.22	10.75
SG DB (°C)	23.86	29.50	25.16	30.88	27.55	28.27
SG WB (°C)	17.38	21.62	17.80	22.59	16.59	21.39
Surrounding DB (°C)	29.72	28.40	28.95	29.00	29.03	28.75
Surrounding RH (%)	58.12	58.85	65.00	60.47	58.74	59.71
Kecepatan supply (m/s)	1.12	1.12	0.92	0.92	0.92	0.92
Kecapatan return (m/s)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Air kondensat (L)	0.28	2.85	0.33	2.70	0.03	2.05

Untuk mengetahui pengaruh pemberian *treatment* terhadap kecepatan pendinginan ruangan, maka pencatatan temperatur untuk udara bersirkulasi perlu dilihat, gambar dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3



Gambar 2. Pencatatan temperatur *return* udara bersirkulasi



Gambar 3. Pencatatan temperatur return udara segar

Dapat diamati pada Gambar 2 bahwa pemberian *silica gel* mengakibatkan kenaikan temperatur ruangan udara bersirkulasi (yang diwakili temperatur return). Temperatur *dry-bulb return AC* tanpa *treatment* 20.48°C, temperatur *dry-bulb return AC treatment* 6 mm 22.98°C, temperatur *dry-bulb return AC treatment* 8 mm 23.21°C. Pada Gambar 3 dapat diamati bahwa temperatur ruangan udara segar memiliki temperatur yang hampir sama antara yang menggunakan *silica gel* dengan tidak. Temperaturnya stabil di sekitar 27°C

3.2. Analisa dengan Data Psikrometrik

Dari hasil rekap data keseluruhan, akan dianalisa dengan bantuan diagram psikrometrik untuk mengetahui perubahan entalpi ketika dikenai *treatment*, perubahan entalpi laju pendinginan, laju pendinginan dan juga perubahan *humidity ratio*.

Untuk mencari laju pendinginan dapat digunakan rumus

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_{out} - h_{in}) \tag{1}$$

Dimana \dot{m} adalah laju aliran massa, h_{out} adalah nilai entalpi udara yang keluar dari *supply AC*, h_{in} adalah nilai entalpi udara sebelum masuk *evaporator AC* (titik *return* pada perlakuan tanpa *treatment*, titik setelah *silica gel* pada perlakuan dengan *treatment silica gel*).

Berikut ini adalah hasilnya yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Data Psikrometrik

Proses	\dot{m} (kg/s)	Laju pendinginan (kJ/s)	Δh laju pendinginan (kJ/kg)	Δh <i>treatment</i> (kJ/kg)	ΔW <i>treatment</i> (g/kg)	Konsumsi Listrik (kWh)	Return db(°C)	Air kondensat (L)
1-1-1	0.146	-1.514	-10.36	0.00	0.00	0.52	20.48	0.30
1-1-2	0.145	-3.124	-21.47	0.00	0.00	0.52	21.39	0.75
2-1-1	0.064	-1.014	-15.72	0.56	-0.26	0.51	22.98	0.34
2-1-2	0.064	-0.690	-10.70	0.75	-0.28	0.49	22.43	0.28
3-1-1	0.053	-0.552	-10.49	0.35	-0.65	0.50	23.21	0.33
3-1-2	0.053	-0.615	-11.66	0.27	-1.93	0.50	22.47	0.03
1-2-1	0.144	-4.010	-27.90	0.00	0.00	1.58	27.30	4.30
1-2-2	0.144	-3.970	-27.64	0.00	0.00	1.56	26.14	5.00
2-2-1	0.064	-1.875	-29.36	-0.39	-1.02	1.27	27.05	3.08
2-2-2	0.064	-1.876	-29.32	-0.35	-1.08	1.20	27.17	2.85
3-2-1	0.052	-1.559	-29.83	0.17	-1.27	1.19	27.56	2.70
3-2-2	0.053	-1.639	-31.05	1.66	-0.05	0.98	26.54	2.05

Dari data psikrometrik tersebut dapat diketahui bahwa penurunan kelembaban (ΔW *treatment*) menghasilkan kenaikan pada entalpi (Δh *treatment*). Sehingga pemberian *treatment* seharusnya menyebabkan kenaikan konsumsi listrik. Penurunan konsumsi listrik yang terjadi diakibatkan berkurangnya aliran massa karena kecepatan udara *supply* yang berkurang. Kecepatan udara *supply* berkurang akibat hambatan aliran udara yang ditimbulkan oleh pemberian *treatment*.

4. Kesimpulan

Untuk variasi ketebalan *silica gel* terhadap konsumsi listrik AC. Percobaan menunjukkan bahwa makin tebal *silica gel*, konsumsi listrik AC rata-rata menurun. Konsumsi listrik menurun dari 1.57 kWh menjadi 1.23 kWh untuk 6 mm *silica gel*, dan 1.08 kWh untuk 8 mm *silica gel*. Tetapi penghematan listrik yang terjadi karena *treatment* ini mengakibatkan turunnya laju pendinginan. Turunnya laju pendinginan ini disebabkan karena turunnya laju aliran massa akibat hambatan alir karena pemasangan *treatment*. Laju pendinginan yang turun ini menyebabkan temperatur udara return AC meningkat, terutama untuk udara bersirkulasi. Temperatur *dry-bulb* return AC tanpa *treatment* 20.48°C, temperatur *dry-bulb* return AC *treatment* 6 mm 22.98°C, temperatur *dry-bulb* return AC *treatment* 8 mm 23.21°C.

Penurunan kelembaban yang terjadi ternyata tidak mengakibatkan penurunan konsumsi listrik AC. Sebab lewat data psikrometrik, dapat diamati dari data *treatment* bahwa penurunan *humidity ratio* mengakibatkan kenaikan entalpi. Kenaikan entalpi justru akan mengakibatkan kenaikan konsumsi listrik AC. Jadi penurunan konsumsi listrik yang terjadi dikarenakan penurunan aliran massa udara yang melewati evaporator AC, dari mulanya 0.15 kg/s menjadi 0.06 kg/s untuk 6 mm *silica gel*, dan 0.05 kg/s untuk 8 mm *silica gel*.

5. Daftar Pustaka

1. Singapore's Supertrees. (n.d.). Retrieved from http://www.ingenia.org.uk/Content/ingenia/issues/issue58/P_Bellew.pdf
2. U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis. (n.d.). Retrieved from <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31312>
3. Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Thermodynamics: an engineering approach*. New York, NY: McGraw-Hill.
4. Wang, S. K. (2001). *Handbook of air conditioning and refrigeration*. New York, NY: McGraw-Hill.
5. Misha, S., Mat, S., Ruslan, M., & Sopian, K. (2012). Review of solid/liquid desiccant in the drying applications and its regeneration methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4686-4707. doi:10.1016/j.rser.2012.04.041
6. Panaras, G., Mathioulakis, E., & Belessiotis, V. (2011). Solid desiccant air-conditioning systems – Design parameters. *Energy*, 36(5), 2399-2406. doi:10.1016/j.energy.2011.01.022
7. Nie, J., Li, Z., Hu, W., Fang, L., & Zhang, Q. (2017). Theoretical modelling and experimental study of air thermal conditioning process of a heat pump assisted solid desiccant cooling system. *Energy and Buildings*, 153, 31-40. doi:10.1016/j.enbuild.2017.07.075
8. Nóbrega, C., & Brum, N. (2011). A graphical procedure for desiccant cooling cycle design. *Energy*, 36(3), 1564-1570. doi:10.1016/j.energy.2011.01.002
9. Wessel, D. J. (2001). *ASHRAE HVAC 2001 Fundamental Handbook*.
10. *Ashrae Handbook 2016 Hvac Systems and Equipment - I-p and Si Editions*. Amer Society of Heating, 2016.