

EFISIENSI TERMAL ALAT PENGERING TIPE *TRAY DRYER* UNTUK PENGERINGAN SILIKA GEL BERBASIS AMPAS TEBU

THERMAL EFFICIENCY OF TRAY DRYER UNIT FOR SILICA GEL DRYING BASED ON BAGASSE

Nur Annisa Yuliasdini¹, Suci Utami Putri², Tasya Athira Makaminan³, Selastia Yuliati⁴, Fadarina⁵

¹²³⁴⁵Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139, +62711353414 / +62711355918

* e-mail : selastiyuliati@yahoo.com⁴

ABSTRACT

The silica gel drying process is one of the factors that determine the quality of the products produced. The dryer tray can be used to dry material in the form of thick solids or solids such as pasta, where the material to be dried can be spread evenly on the drying racks. In this study, the performance of the dryer is reviewed by obtaining its thermal efficiency, where thermal efficiency is the percentage of the amount of heat used in the drying process of silica gel made from bagasse and in accordance with the standards of JIS-0701. The design research method of the tray dryer tool is to carry out a functional design approach to know the functions of the unit of equipment used and through a structural approach to obtain the dimensions of the tool. Furthermore, data collection was carried out on the condition of the silica gel drying operation made from bagasse raw material and then poured in mass balance and energy balance. Based on the results of the calculation of thermal drying efficiency to dry the silica gel that the longer the drying process, the lower the thermal efficiency produced. The highest thermal efficiency is in the drying process for 60 minutes, which is 86.4%. The optimum condition for drying silica gel made from sugarcane pulp according to standard JIS-0701 is with a drying time of 360 minutes, drying rate of 0.019 kg/hr.m², and water content of 0.81%. The Si-OH function group in silica gel produced through XRD and FTIR analysis is in the amorphous form.

Keywords: Bagasse, Silica Gel, Tray Dryer, Thermal Efficiency

1. PENDAHULUAN

Tray dryer merupakan alat pengering berbentuk plat yang dilengkapi dengan rak-rak yang digunakan untuk mengeringkan material padat (granular). Tujuan dari pengeringan tidak lain mengurangi kandungan air yang terdapat silika gel. Proses pengeringan silika gel menjadi salah satu faktor yang menentukan mutu produk yang dihasilkan, pengeringan silika gel secara konvensional menghasilkan persen yield produk yang lebih rendah. Dalam proses pengeringan, terdapat beberapa parameter yang sangat berpengaruh terhadap kualitas silika gel, diantaranya waktu dan laju kecepatan serta proses perpindahan panas yang berpengaruh. Proses perpindahan panas yang berlangsung secara *adiabatic* akan menghasilkan silika gel yang memiliki standar JIS-0701.

Prototipe alat dilengkapi dengan *filter* udara dan *thermocontrol (thermocouple)* sebagai alat pengontrol panas, sehingga diharapkan perpindahan panas berlangsung secara *adiabatic*. Udara panas yang dibutuhkan untuk proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara panas adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Muarif, 2013). Faktor yang dapat

mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan diantaranya; sifat fisik dan kimia dari bahan pangan serta proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan (Buckle dkk, 1987).

Kinerja alat akan bekerja secara optimal serta menghasilkan produk silika gel dengan kandungan H₂O rendah maka diperlukan temperatur pengeringan dan proses perpindahan panas yang baik Menurut penelitian Rompas, G.P., 2013, abu ampas tebu mengandung kadar silika tinggi sekitar 68,5%. Kandungan silika tersebut cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk membuat material berbasis silika (Purnawan dkk, 2018) yaitu berupa silika gel. Silika gel berbasis ampas tebu dibuat dengan menggunakan metode pengeringan yang berlangsung secara *adiabatic* dimana, produk yang dihasilkan masih mengandung air sebesar 2% oleh karena itu dilakukan proses pengeringan dengan alat pengering tipe *tray dryer*. Prototipe alat pengeringan ini tidak lain bertujuan untuk mengatasi putusnya rantai gugus Si-OH pada saat proses pengeringan berlangsung sehingga kemampuan silika gel dalam menyerap kelembaban akan berkurang. Karena, silika gel yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben yang harus memiliki gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si), memiliki pori-pori yang luas dan permukaan yang khas (Hastuti dkk, 2015).

2. METODE PENELITIAN

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rancang bangun (prototipe) alat pengering tipe *tray dryer*, pengujian dan pengambilan data. Alat *tray dryer* memiliki beberapa komponen yaitu *thermocouple*, higrometer digital, elemen pemanas (koil), filter udara regulator, kompresor piston dan flowmeter. *Tray dryer* mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak. Bahan-bahan diletakkan diatas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas. Sistem pemanasan pada pengering ini dilakukan secara tidak langsung, yaitu memanfaatkan udara lingkungan yang dihisap dari kompresor, kemudian udara tersebut akan dilewatkan pada ruang yang terdapat koil pemanas kemudian udara panas akan dihembuskan pada *tray dryer*. Sistem pemanasan secara tidak langsung dapat mencegah terjadinya kontak langsung yang akan mengakibatkan rusaknya *hydrogel*. Pemanas yang digunakan merupakan pemanas koil jenis finned yang memiliki panas maksimum sebesar 400°C.

Pengujian alat bertujuan untuk menentukan kinerja alat terhadap kualitas produk yang dihasilkan, variabel yang digunakan dalam pengujian diantaranya waktu dan kandungan air.



Gambar 1. Desain Alat *Tray Dryer*

Keterangan:

1. Filter Udara Regulator
2. *Flowmeter*
3. Saklar on/off
4. *Humidity Display*
5. *Thermocontrol*
6. *Heater*
7. Rak
8. Cerobong

Percobaan meliputi material dimasukkan kedalam *tray* sebanyak 125,42 gr, sebelum material ditimbang dilakukan pengujian alat dengan variasi waktu 60 sampai 360 menit.

Analisa produk dilakukan dengan berdasarkan Standar JIS-0701 menggunakan alat FTIR dan XRD kemudian pengambilan data berupa massa bahan sebelum dan sesudah pengeringan, waktu pengeringan,

laju alir udara pengeringan masuk dan keluar, suhu udara pengeringan, suhu bahan setelah dikeringkan, temperatur bola basah dan bola kering, dengan perhitungan efisiensi termal berdasarkan metode perpindahan panas (Kothandaraman, 2006).

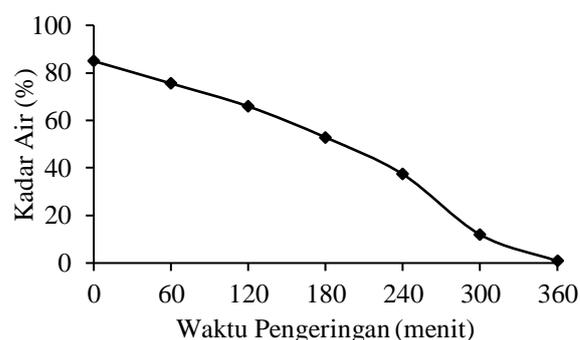
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang didapatkan pada saat penentuan kinerja alat dengan variabel yang ditetapkan saat pengujian berupa waktu, temperatur dan kandungan air, sehingga didapatkan hasil pengujian untuk setiap variabel dari 60 menit sampai 360 menit dan temperatur 80°C diperoleh penurunan kandungan air rata-rata mencapai 80%, maka berdasarkan hasil tersebut alat memenuhi standar untuk digunakan mengeringkan material silika gel. Parameter yang mempengaruhi waktu pengeringan adalah kadar air awal dan kadar bahan kering. Kadar air silika gel dalam kondisi kering berdasarkan standar mutu JIS-0701 sebesar $\leq 2,5\%$.

Pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan (*case hardening*). Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang (Taib, 2013).

3.1 Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Penurunan Kadar Air Silika Gel

Penurunan kadar air yang terdapat dalam *hydrogel* mengalami pengurangan yang signifikan hal tersebut disebabkan karena mula-mula penguapan air terjadi pada permukaan, selanjutnya kadar air silika gel mengalami penurunan secara perlahan hal tersebut disebabkan karena air yang ada didalam ruang pengering sudah mulai terjadi pengaliran keluar permukaan (Saiful dkk, 2018).



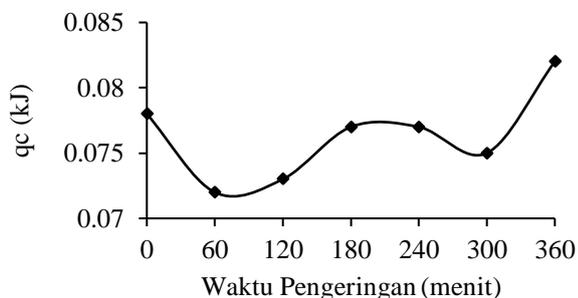
Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Penurunan Kadar Air Silika Gel

Gambar 2, menunjukkan bahwa hasil penurunan kadar air telah terjadi pada waktu pengeringan 60 menit. Pada waktu pengeringan 420 menit menghasilkan kadar air sebesar 0,814% dari kadar air awal sebesar 95,6% dan hasil tersebut memenuhi standar JIS-0701 yaitu $\leq 2,5\%$. Semakin lama proses

pengeringan terjadi, maka akan semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi saat pengeringan yang dilakukan pada *tray dryer*.

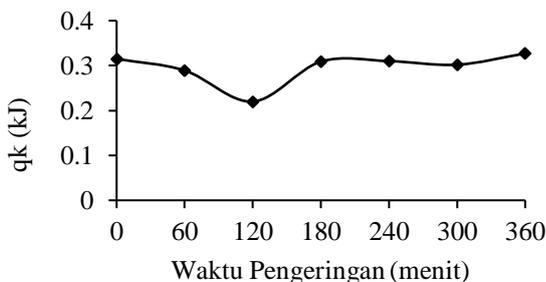
3.2 Pengaruh Laju Perpindahan Panas Konveksi dan Konduksi terhadap Waktu Pengeringan

Perpindahan panas konveksi terjadi karena fluida (udara panas) mengalami kontak secara langsung dengan bahan yang dikeringkan (*hydrogel*). Pada awal waktu pengeringan, nilai laju perpindahan panas konveksi lebih besar dibandingkan dengan nilai laju perpindahan panas pada waktu pengeringan 60 menit. Hal ini dapat terjadi karena pada awal proses pengeringan terjadi kontak langsung antara *hydrogel* dengan media udara panas pengering. Air yang terdapat pada permukaan *hydrogel* akan teruapkan lebih banyak dan terjadi penurunan dari kandungan air pada *hydrogel*.



Gambar 3. Grafik Penentuan Laju Perpindahan Panas Konveksi terhadap Waktu Pengeringan

Laju perpindahan panas konveksi mengalami kenaikan pada waktu pengeringan 120 menit, hal ini dikarenakan temperatur pada *hydrogel* yang berubah sehingga transfer pada panas juga berubah. Sedangkan pada waktu pengeringan ke 180 menit dan 240 menit laju perpindahan panas konveksi cenderung konstan. Pada waktu ini laju perpindahan panas mulai cenderung untuk mencapai nilai optimal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Holman, 1995, bahwa pada akhir pengeringan nilai laju perpindahan panas mengalami kenaikan lagi, peningkatan laju perpindahan panas konveksi dapat terjadi karena adanya peningkatan nilai dari koefisien pindah panas konveksi.



Gambar 4. Grafik Penentuan Laju Perpindahan Konduksi terhadap Waktu Pengeringan

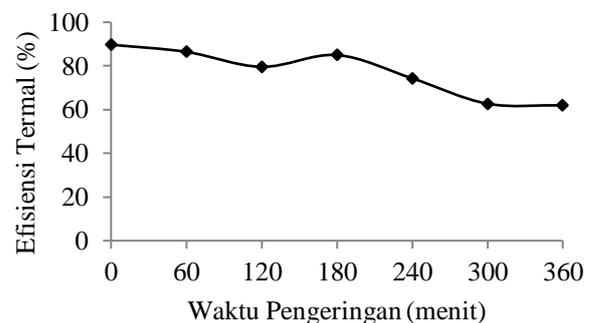
Pada Gambar 4, nilai dari laju perpindahan panas dipengaruhi oleh perubahan angka Reynolds, dengan berubahnya angka Reynolds pergerakan aliran akan semakin tidak beraturan atau semakin cepat.

Panas konduksi pada proses pengeringan ini terjadi ketika panas dari dinding pelat merambat masuk ke dalam silika gel yang dikeringkan. Perpindahan panas berlangsung dipermukaan bahan secara perlahan sampai terjadi pemerataan panas. Pada awal pengeringan nilai laju perpindahan panas konduksi lebih besar dari waktu pengeringan 60 menit dan 120 menit. Besarnya laju perpindahan konduksi pada waktu pengeringan 0 menit dikarenakan pada awal pengeringan setiap lapisan permukaan *hydrogel* terjadi peningkatan laju pindah panas yang tinggi, karena pada tahap ini terjadi kontak langsung antara *hydrogel* dengan media udara panas dari sekitaran dinding pelat pengering.

Penurunan terjadi pada waktu pengeringan ke 60 dan 120 menit. Penurunan laju perpindahan panas ini terjadi karena panas yang kontak dengan bahan yang dikeringkan sudah mulai mengalir ke lapisan-lapisan permukaan pada *hydrogel*. Pada waktu pengeringan 180, 240, 300, dan 360 menit laju perpindahan panas konduksi cenderung mengalami kenaikan dan konstan. Hal ini sesuai dengan penelitian Joko dkk., 2009, bahwa kecepatan dari udara dan viskositas mempengaruhi dari gerakan partikel udara, sehingga kontak antara udara dengan *hydrogel* akan merata. Nilai dari konduktivitas termal dan *specific heat* telah mempengaruhi jumlah panas yang diserap oleh udara, sehingga laju perpindahan panas cenderung konstan.

3.3 Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Efisiensi Termal

Efisiensi termal menunjukkan hasil kinerja alat yang dihitung berdasarkan besarnya laju perpindahan panas konveksi dan konduksi. Efisiensi termal berpengaruh terhadap waktu pengeringan yang digunakan.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Efisiensi Termal

Pada Gambar 5, efisiensi termal yang paling tinggi berada pada waktu pengeringan selama 60 menit, yaitu sebesar 86,4404%. Hal ini disebabkan karena udara panas yang besar berasal dari konversi listrik terhadap udara yang dipanaskan oleh *heater*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Joko dkk., 2009, menunjukkan

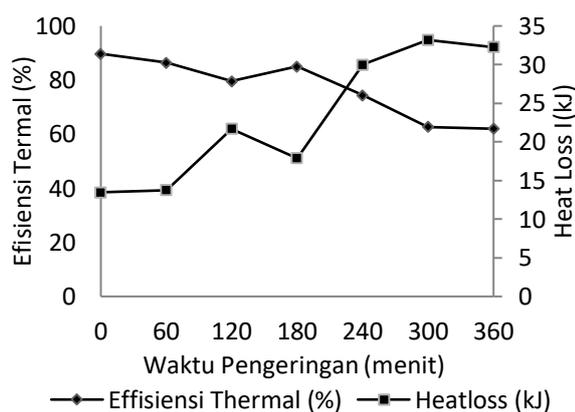
bahwa udara panas yang besar itulah yang mempengaruhi besarnya efisiensi termal, karena dengan adanya energi dari udara panas yang mencukupi dapat menguapkan air yang ada pada bahan.

Efisiensi termal yang paling rendah berada pada waktu pengeringan 360 menit sebesar 61,9886%, karena apabila semakin lama proses pengeringan untuk mengeringkan bahan baku tersebut, maka energi panas yang terpakai akan semakin tinggi dan menyebabkan efisiensi tidak begitu besar (Joko dkk, 2009). Hal ini disebabkan oleh penggunaan energi panas yang disuplai untuk pengurangan kadar air pada *hydrogel* ini, ialah disuplai dari energi panas *heater* (pemanas) yang terangkai dibagian dalam ruang pengering, yang memiliki daya sebesar 300 watt.

Berdasarkan waktu pengeringan didapatkan efisiensi termal optimal pada proses pengeringan bahan ini diperkirakan pada waktu 180 menit dengan suhu 80°C yaitu sebesar 84,9939%. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan antara lain temperatur dan lama waktu pengeringan, kadar air bahan atau produk yang dikeringkan, banyaknya bahan yang dimasukkan dalam alat pengering, suhu udara pengering pada awal dan akhir proses (Mujamdar, 2011).

3.4 Pengaruh Heat Loss terhadap Efisiensi Termal

Proses perpindahan panas untuk mengetahui *heatloss* pada ruang pengering adalah dengan cara konveksi yaitu mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair ataupun gas. Dalam hal ini proses perpindahan panas terjadi dengan bantuan kompresor untuk membantu tersebarnya panas ke rak pengering dan diserap oleh silika gel. Grafik pengaruh lama waktu pengeringan terhadap *heatloss* dan efisiensi termal pada *tray dryer* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh *Heat Loss* terhadap Efisiensi Termal

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa *heat loss* dengan efisiensi termal berbanding terbalik. Pada saat nilai efisiensi termal tinggi maka *heat loss* yang didapatkan rendah, begitu pula sebaliknya saat nilai efisiensi termal rendah maka nilai *heat loss* yang

didapatkan tinggi. Hal yang mempengaruhi nilai *heat loss* pada proses pengeringan *hydrogel* ini adalah terserapnya energi panas melalui dinding-dinding pipa tempat mengalirnya udara panas untuk proses pengeringan (Holman, 1995).

Heat loss dapat dipengaruhi pula oleh laju udara pembawa uap air melalui tempat masuknya bahan yang akan dikeringkan serta kehilangan panas yang terjadi karena menempel pada ruang pengering. Besarnya nilai *heat loss* mengakibatkan panas yang dimanfaatkan pada saat pengeringan tidak terlalu baik dan akan mempengaruhi kontak antara udara dengan *hydrogel* sehingga efisiensi termal yang didapatkan tidak terlalu baik.

Berdasarkan kandungan kadar air yang ingin dicapai dalam silika gel sesuai dengan standar JIS-0701, maka didapatkan kondisi waktu pengeringan yang optimal yaitu 420 menit pada suhu 80°C yaitu kadar air yang dihasilkan sebesar 0,814% dengan efisiensi termal pengeringan sebesar 61,9886%. Menurut Holman, semakin besar konduktivitas bahan maka semakin besar panas yang diserap. Dalam hal ini *heat loss* juga berpengaruh pada temperatur udara panas yang masuk dalam ruang pengering, semakin tinggi temperatur pada ruang pengering maka *heat loss* yang didapatkan juga semakin besar dan efisiensi semakin rendah begitu pula sebaliknya, hal ini disebabkan karena pada ruang pengering tidak menggunakan isolasi secara menyeluruh pada dinding-dindingnya (Taib, 2013).

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pengeringan silika gel menggunakan *tray dryer* menggunakan udara panas sebagai media pengeringan, didapatkan silika gel berbahan baku ampas tebu dengan hasil analisa FTIR dan XRD berupa silika gel yang berbentuk amorf dan memiliki gugus fungsi berupa Si dan OH, sesuai standar JIS-0701.
2. Kondisi optimum tercapai pada waktu pengeringan 360 menit, laju pengeringan 0,01941 kg/jam.m², kadar air 0,814%, laju perpindahan panas konduksi 0,327 kJ, laju perpindahan panas konveksi 0,082 kJ, dan efisiensi termal 61,9886%.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. H., dan Wotton, M. 1987. Ilmu Pangan. Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hastuti, S., Nuryono, dan Agus, K. 2015. *L-Ariginin Modified Silica for Adsorption of Gold (III)*. Indonesian Journal Chemistry 15(2), 108-115. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Holman, J.P. 1995. *Perpindahan Panas*. Erlangga. Edisi keenam. Jakarta.

- Joko, W.K., Juliaty, L dan Sri, R. 2009. Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta. Makalah. Disajikan pada Seminar Nasional Peran
- Kothandaraman, C. P. 2006. *Fundamentals Heat and Mass Transfer*. 3rd edition. New Age International (P) Ltd. India.
- Muarif. 2013. Rancang Bangun Alat Pengering. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Mujumdar. 2011. *Proses Pengeringan (Full Sun Drying)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Purnawan, C., Tri, M., dan Ima, P. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Ariginin sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II). Surakarta: FMIPA Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Rompas, G.P., Pangouw, J.D., Pandelege, R., dan Mangare, J.B., 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik* 1(2), 82-89. Manado: FT Universitas Sam Ratulangi.
- Saiful, A, Jamaluddin, dan Rais, M. 2018. Laju Pindah Panas dan Massa pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Bak (*Batch Dryer*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. Universitas Negeri Makassar.
- Taib, G. 2013, *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*, PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.