

Analisis Laju Pengeringan Cetakan Piring Keramik Kapasitas 2880 Menggunakan Tray Dryer

Abeth Novria Sonjaya^{1,*}, Djamhir Djamruddin¹, Lukman Nulhakim² Anggi Rahmadani¹

¹Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, University of Jayabaya, Jakarta, Indonesia, 16452

²Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, University of Jayabaya, Jakarta, Indonesia, 16452

*) Corresponding author: abethw21@gmail.com

(Received: 14 May 2022 • Revised: 25 May 2022 • Accepted: 30 May 2022)

Abstract

Ceramic plate mold is a gypsum-based ceramic plate printing tool. This gypsum mold is very much needed because previously using a Teflon-based mold which was very risky. The length of the drying process by drying in the sun becomes one of the problems when it rains and takes quite a long time. The purpose of this study was to determine the shrinkage of the water content in the ceramic plate mold after the drying process. Therefore, by making drying and utilizing the residual heat from the combustion in the production oven, it is hoped that the drying of this ceramic plate mold can be done quickly and efficiently. Research and testing of this rack type ceramic plate mold dryer was carried out by testing the capacity of 2880 ceramic plate molds with a total drying time of 5 days with a drying temperature of 38 – 41 °C. The results of the shrinkage of the water content in the drying of the wet ceramic plate mold is 85% with weighted 847grams of evaporated water content from 1 mold produced with a drying rate constant value of 0.271 hours⁻¹.

Abstrak

Cetakan piring keramik merupakan alat cetak piring keramik berbahan dasar gipsium. Cetakan berbahan gipsium ini sangat dibutuhkan karena sebelumnya menggunakan cetakan berbahan dasar teflon yang sangat berisiko. Lamanya proses pengeringan dengan cara menjemur di bawah sinar matahari menjadi salah satu masalah ketika hujan turun dan memakan waktu yang cukup lama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyusutan kandungan air pada cetakan piring keramik setelah proses pengeringan. Oleh karena itu dengan dibuatnya pengeringan dan memanfaatkan suhu panas sisa pembakaran pada oven produksi diharapkan pengeringan cetakan piring keramik ini dapat dilakukan dengan cepat dan efisien. Penelitian dan pengujian pengering cetakan piring keramik jenis rak ini dilakukan dengan uji kapasitas 2880 cetakan piring keramik dengan total waktu pengeringan selama 5 hari dengan suhu pengeringan 38 – 41 °C. Hasil penyusutan kandungan air pada pengeringan cetakan piring keramik basah adalah 29,67% dengan berat kadar air yang diuapkan 847gram dari 1 cetakan yang dihasilkan dengan nilai konstanta laju pengeringan sebesar 0,271 jam⁻¹.

Keywords: *Ceramic dish mold, moisture reduction, tray dryer*

PENDAHULUAN

Pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan menggunakan energi panas. Pengeringan pada proses pembuatan keramik bertujuan untuk menghilangkan kadar air dari bodi keramik sebelum dipanaskan pada suhu tinggi. Proses pengeringan melibatkan dua proses perpindahan yaitu proses perpindahan panas dan proses perpindahan massa. Proses perpindahan panas terjadi dari udara pengering ke bahan yang akan dikeringkan, sedangkan perpindahan massa terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama terjadi pada kandungan air yang terdapat di dalam bahan ke permukaan bahan (proses difusi) selanjutnya tahap kedua terjadi pada proses penguapan air [1]. Pada umumnya pengeringan ada dua metode yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pengeringan alami dilakukan dengan cara memanfaatkan energi sinar matahari langsung. Tetapi proses pengeringan alami memiliki beberapa kekurangan. Proses pengeringan alami membutuhkan waktu yang relatif lama karena bergantung pada cuaca dan sinar matahari yang ada. Selain itu metode ini juga memiliki kekurangan lain karena membutuhkan lahan yang luas dan tenaga manusia pada saat pengeringan. Metode pengeringan buatan merupakan alternatif pengeringan yang dapat dilakukan tanpa bergantung pada cuaca yaitu dengan alat pengering buatan. Alat pengering dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan jenis bahan yang dikeringkan, yaitu pengering bahan padat dan pasta, seperti pengering rak, pengering *conveyor*, pengering *rotary*, pengering beku, dan alat pengering hamparan fluidisasi (*fluidized beds dryer*) [2].



Gambar 1. Ruang pengeringan tipe rak untuk cetakan keramik kapasitas 2880 cetakan

Gambar 1. memperlihatkan alat pengering dengan tipe *tray dryer* yang telah dimodifikasi. Pada pengering tipe ini bahan diletakkan di atas baki dengan ketebalan dan ukuran yang sama agar produk yang dikeringkan seragam. Panas dihasilkan dari udara panas yang mengalir melewati baki, konduksi dari baki yang memanaskan atau radiasi dari permukaan panas. Dalam sebuah *tray dryer*, banyak produk yang bisa dimasukkan karena baki dibuat bertingkat. Pengeringan dapat terjadi secara sempurna apabila distribusi udara seragam pada setiap baki. *Tray dryer* dapat ditambahkan dengan pengering matahari atau pengering konvensional lainnya yang menggunakan bahan bakar fosil dan energi listrik. *Tray dryer* terdiri dari beberapa baki yang diletakkan di dalam ruang terisolasi dimana udara panas akan didistribusikan oleh sebuah kipas.

Beberapa pengering lain seperti *fluidized bed dryer*, *spray dryer*, dan *freeze dryer* digunakan pada berbagai industri, mulai dari industri pertambangan, makanan, zat kimia dan farmasi. Pada alat pengering *fluidized bed dryer* memiliki beberapa kelebihan seperti laju pengeringan yang tinggi yang disebabkan kontak gas dan padatan yang sempurna serta perpindahan massa dan panas, waktu pengeringan yang singkat, kapasitas besar, efisiensi termal yang tinggi, biaya operasi yang relatif rendah, dan mudah dikontrol. Dalam *fluidized bed*, terdapat gaya dorong ke atas pada partikel padatan oleh gas yang mengalir. Pada kecepatan gas yang rendah, penurunan tekanan akibat tahanan partikel, gaya dorong ke atas total pada partikel akan sama dengan berat dari *bed*, dan partikel-partikel akan mulai terangkat dan hampir terfluidisasi. Dalam kondisi ini terjadi penghembusan bahan sehingga memperbesar luas kontak pengeringan. Prinsip kerja mesin pengering ini adalah penghembusan udara panas oleh kipas peniup (*blower*) melalui suatu saluran ke atas bak pegering yang menembus hamparan bahan sehingga bahan tersebut dapat bergerak dan memiliki sifat seperti fluida. Di dalam penggunaan alat pengering ini perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, dan tebal tumpukan bahan yang dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat dicapai. [3].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penurunan kadar air pada proses pengeringan dan nilai konstanta laju pengeringan agar dapat mengurangi penumpukan cetakan basah yang belum di keringkan yang didalamnya terdapat rak susun untuk meletakkan cetakan yang akan diproses pengeringan. Pengeringan ini sendiri menggunakan panas dari sisa pembakaran pada oven yang dihisap oleh *blower turbo* dan disalurkan menggunakan cerobong menuju ruang pengering. Cerobong yang telah sampai pengeringan lalu dibuat bercabang dan diletakan pada posisi di atas lantai.

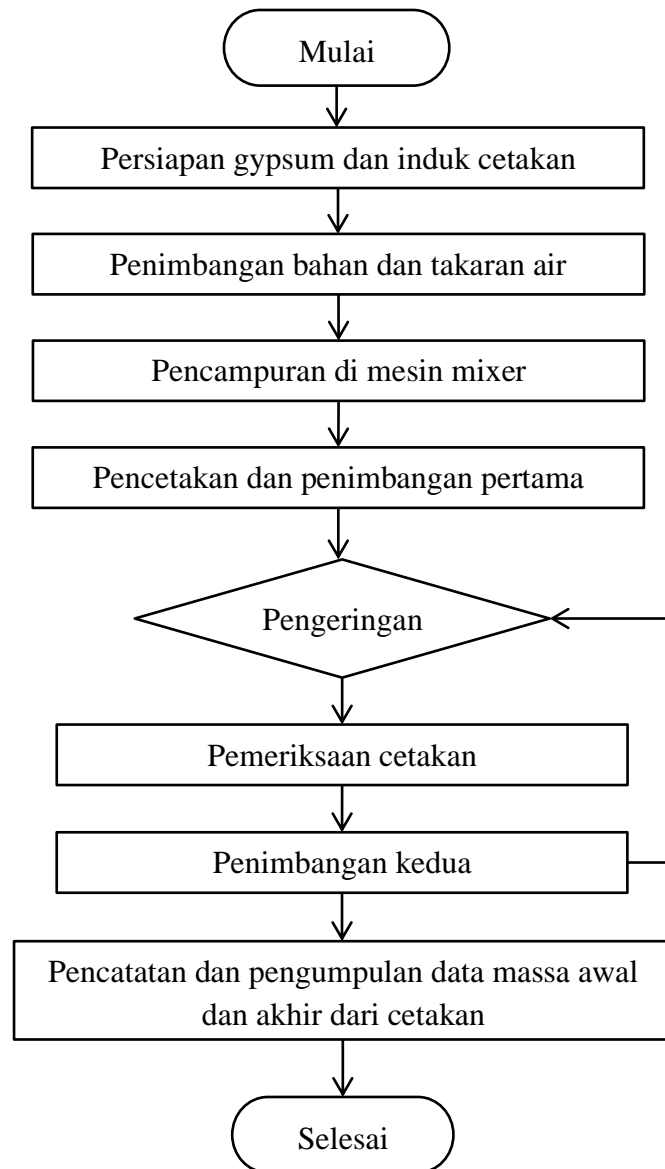
METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah piring keramik. Peralatan yang digunakan adalah alat pengering tipe *tray dryer* yang telah dimodifikasi seperti terlihat pada Gambar 2. Penelitian dilaksanakan mulai dari persiapan alat dan bahan hingga perhitungan persentase penurunan kandungan air pada cetakan piring keramik pada suhu 38 – 41 °C dengan kapasitas 2880 buah. Ruang pengering ini terbuat dari GRC pada dinding dan dilapisi *glasswool* untuk mencegah panas tidak tembus dan pada atap tidak dilapisi *glasswool* bertujuan agar panas yang terbuang langsung ke atas tidak menembus dinding yang dapat membahayakan pada pekerja. Rak susun yang dibuat menggunakan roda menjadi solusi agar mudah dipindahkan dan fleksibel ketika cetakan piring keramik sudah cukup untuk dipindahkan. Nama alat dan dimensi peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama dan Dimensi alat yang digunakan

No	Nama Alat	Keterangan	Jumlah
1.	Ruang pengeringan	Dimensi (7 × 7 × 2,5) meter kubik dengan kapasitas 2800 cetakan	1
2.	Blower		1
3.	Cerobong	Ketinggian 35 meter	1
4.	Kipas angin		2
5.	Rak	Kapasitas 240 cetakan	12
6.	Termometer digital	0 – 100 °C	1
7.	Timbangan digital	0 – 10 kg	1

Adapun skema proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema proses pengeringan cetakan keramik

Prosedur pengoperasian alat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Gypsum ditimbang agar mendapat berat yang sesuai komposisi gypsum dengan air yaitu sebesar 1,7 kg gypsum dengan 1 liter air.
2. Proses pencampuran gypsum dan air agar bahan homogen, dengan waktu pengadukan bahan diatur secara otomatis oleh solenoid yang terpasang pada mesin *mixer*.
3. Pembuatan cetakan menggunakan sistem molding, untuk membentuk adonan gypsum menjadi bentuk cetakan yang diinginkan. Dalam pembuatan cetakan menggunakan *setting time* 11 – 13 menit.
4. Servis cetakan bertujuan untuk memperbaiki cacat yang terdapat pada cetakan hasil produksi berupa lubang, baik pada posisi kembang maupun bodi cetakan sehingga cetakan tersebut sempurna desainnya. Cacat lubang pada cetakan disebabkan karena masih adanya lubang udara yang terperangkap pada waktu proses pencetakan.
5. Menyusun cetakan pada rak dengan rapi yang akan dibawa ke ruang pengeringan.

6. Menyusun rak secara teratur pada ruang pengeringan agar memudahkan operator untuk bekerja.
7. Menutup pintu ruang pengeringan, dan memastikan pintu tertutup dengan rapat agar udara panas tidak banyak yang terbangun.
8. Membuka damper pada cerobong untuk menentukan udara panas yang dibutuhkan yaitu pada suhu sebesar 38 – 41 °C.
9. Jika udara panas yang dibutuhkan sudah mencapai target damper pada cerobong ditutup kembali.
10. Melakukan pengecekan suhu pada termometer digital sederhana setiap hari jika udara panas di bawah standar maka lakukan pembukaan pada damper cerobong kembali.
11. Melakukan perhitungan penyusutan kandungan air pada cetakan piring keramik dari berat awal (W_1) dan berat akhir (W_2) seperti pada persamaan 1 [4].

$$\text{Penyusutan kandungan Air (KA)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Laju Pengeringan

Selanjutnya dilakukan analisis dengan asumsi bahwa laju pengeringan cetakan keramik dalam susunan rak yang dikelilingi oleh udara pengering sebanding dengan perbedaan antara kadar air cetakan keramik dan kadar air setimbang, persamaan perhitungan nilai konstanta menggunakan persamaan empiris Newton and Lewis (1921) dalam Henderson and perry (1976) [5]. Konstanta laju pengeringan dianalisis menggunakan persamaan kinetika orde-1 sesuai dengan persamaan umum penentuan nilai konstanta dapat dinyatakan pada Persamaan 2 [5]–[7];

$$\frac{dM}{dt} = -k (M - M_e) \quad (2)$$

Dengan metode pemisahan variabel dan pengintegralan, persamaan 1 menjadi:

$$\ln \left(\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \right) = -k t \quad (3)$$

M adalah kadar air bahan saat t , M_0 adalah kadar air awal ($t = 0$), M_e adalah kadar air setimbang dalam basis kering, k adalah konstanta laju pengeringan dan t adalah waktu dalam menit. Persamaan 3 identik dengan persamaan garis lurus dimana $\ln \left(\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \right)$ sebagai sumbu-y dan t sebagai sumbu-x [6], [7]. Nilai konstanta laju pengeringan selanjutnya digunakan untuk memprediksi nilai kadar air bagan dapat dilukana dengan menggunakan persamaan 3 [6], [7].

$$M_t = (M_0 - M_e)e^{-kt} + M_e \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat Pengering Tanpa Beban

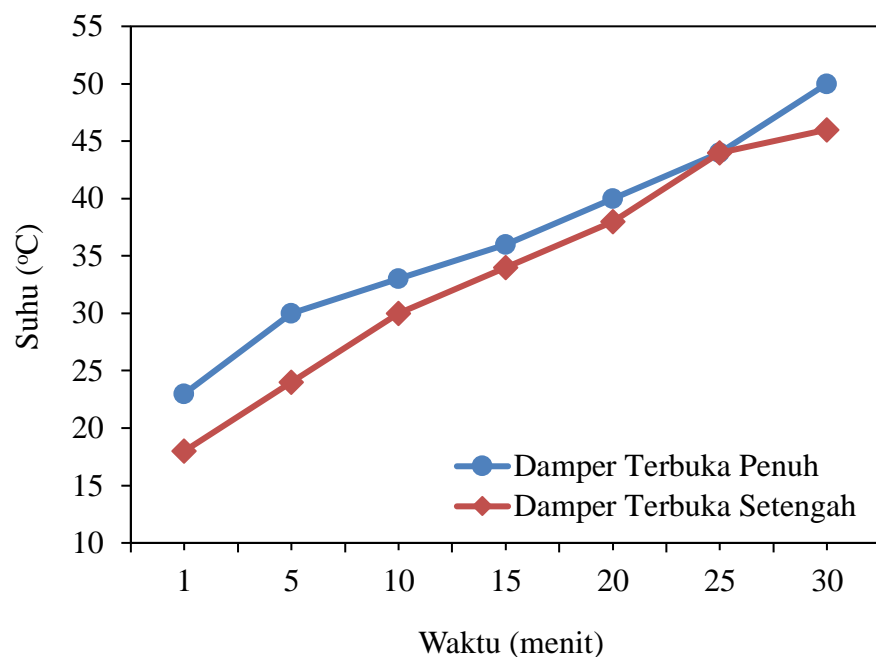
Sebelum dilakukan proses pengeringan cetakan piring keramik, dilakukan unjuk kerja alat pengering cetakan piring keramik terlebih dahulu untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu ruangan yaitu 38 – 41 °C. Suhu yang diatur untuk mendapatkan suhu yang ideal adalah dengan membuka damper pada cerobong yang terhubung pada *blower*

secara manual sampai batas suhu panas yang dibutuhkan. Tabel 2 memperlihatkan data pengujian alat pengeringan tanpa beban.

Tabel 2. Penguji alat pengering tanpa beban

Waktu (menit)	Dumper Terbuka Penuh (°C)	Dumper Terbuka Setengah (°C)
1	23	18
5	30	24
10	33	30
15	36	34
20	40	38
25	44	44
30	50	46

Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 24 Desember 2021. Dalam pengujian ini damper pada cerobong dibuka 2 tahap yaitu dibuka penuh dan setengah, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi panas yang dibutuhkan dan mencapai suhu yang diinginkan dengan cepat. Suhu awal dalam 2 pengujian tanpa beban ini juga memiliki suhu yang sama yaitu 44 °C.



Gambar 3. Perubahan suhu pengeringan tanpa beban

Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa dengan kondisi damper terbuka penuh dapat mencapai suhu 50 °C hanya dalam waktu 30 menit, maka kondisi ini yang dinilai tepat untuk melakukan pengujian.

Data yang diambil pada proses pengeringan cetakan piring keramik setiap 5 hari sekali, dimana data ini digunakan dalam menentukan perhitungan penurunan kadar air pada cetakan piring keramik, selain itu data suhu juga diperlukan untuk memastikan bahwa suhu dapat terjaga selama proses pengeringan.



Gambar 4. Penimbangan cetakan basah

Proses pengeringan cetakan piring keramik dilakukan selama 5 hari, hal ini menurut kriteria pengeringan cetakan piring keramik telah berubah tekstur dan beratnya, setelah proses pengeringan selesai cetakan lalu disusun di tempat yang sudah disediakan.



Gambar 5. Penimbangan cetakan setelah proses pengeringan

Cetakan piring keramik dikeluarkan dari ruang pengeringan lalu di timbang. Penurunan berat pada cetakan piring keramik yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penurunan berat cetakan piring keramik} &= \text{Berat awal} - \text{Berat akhir} \\ &= 2,855 \text{ kg} - 2,008 \text{ kg} = 0,847 \text{ kg atau } 847 \text{ gram} \end{aligned}$$

Penyusutan Kandungan Air Pada Cetakan Piring Keramik

Pada data hasil pengujian tersebut dapat diketahui berat awal cetakan piring keramik sebelum pengeringan yaitu sebesar 2,855 kg dan berat akhir cetakan piring keramik setelah

pengeringan yaitu sebesar 2,008 kg. Perhitungan penyusutan kandungan air pada cetakan piring keramik adalah sebagai berikut:

Berat awal (W_1) = 2,855 kg

Berat akhir (W_2) = 2,008 kg

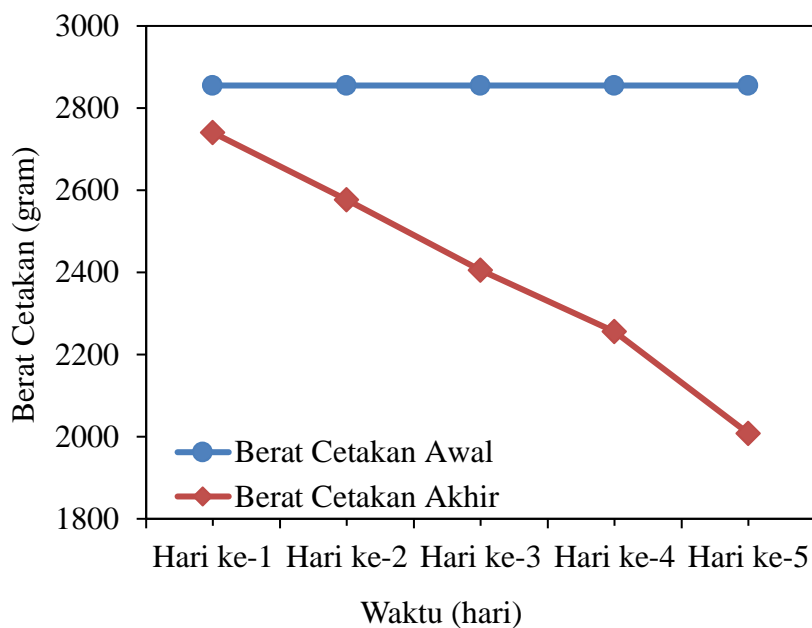
$$\begin{aligned} \% \text{ penyusutan kandungan air (KA)} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% = \frac{2,855 - 2,008}{2,855} \times 100\% \\ &= 29,67\% \end{aligned}$$

Tabel 3. memperlihatkan hasil pengukuran penyusutan kandungan air pada cetakan keramik setelah proses pengeringan pada suhu 40°C.

Tabel 3. Penyusutan kandungan air pada cetakan keramik hasil pengeringan

Hari	Berat Cetakan Awal W_1 (gr)	Berat Cetakan Akhir W_2 (gr)	Penyusutan kandungan air (%)	Berat air di uapkan (gr)
1	2855	2740	4,03%	115
2	2855	2576	9,77%	279
3	2855	2405	14,19%	405
4	2855	2256	20,98%	599
5	2855	2008	29,67%	847

Hasil penurunan penyusutan kandungan air pada akhir proses pengeringan cetakan piring keramik basah pada waktu 5 hari yaitu sebesar 847gram, jadi selisih berat kandungan air awal dan kandungan air yang berhasil diuapkan adalah 2,855 kg – 2,008 kg = 847gram atau hanya selisih 153 gram dari awal cetakan dibuat memerlukan air 1 liter, hasil tersebut sudah memenuhi kriteria kurang dari 20% kandungan air untuk memasuki tahap pengeringan selanjutnya dengan siap pemakaian membuat bentuk piring keramik.



Gambar 6. Penurunan penyusutan kandungan air pada cetakan keramik

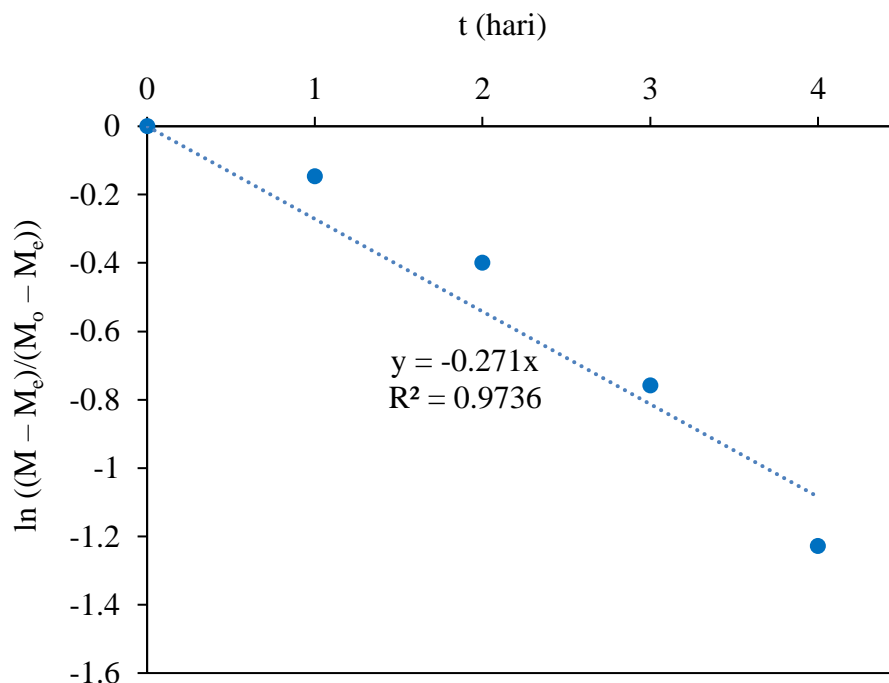
Gambar 6. memperlihatkan waktu pengeringan dan berat cetakan piring keramik terhadap penurunan penyusutan kandungan air. Cetakan dibuat dengan berat yang sama, lalu diukur beratnya setelah pengeringan. Pada saat awal pengeringan hari pertama terjadi penurunan penyusutan kandungan air sebesar 4,03%, dan selanjutnya di hari kelima semakin lama semakin besar penurunan penyusutan kandungan air pada cetakan keramik yaitu sebesar 29,67%.

Laju Pengeringan

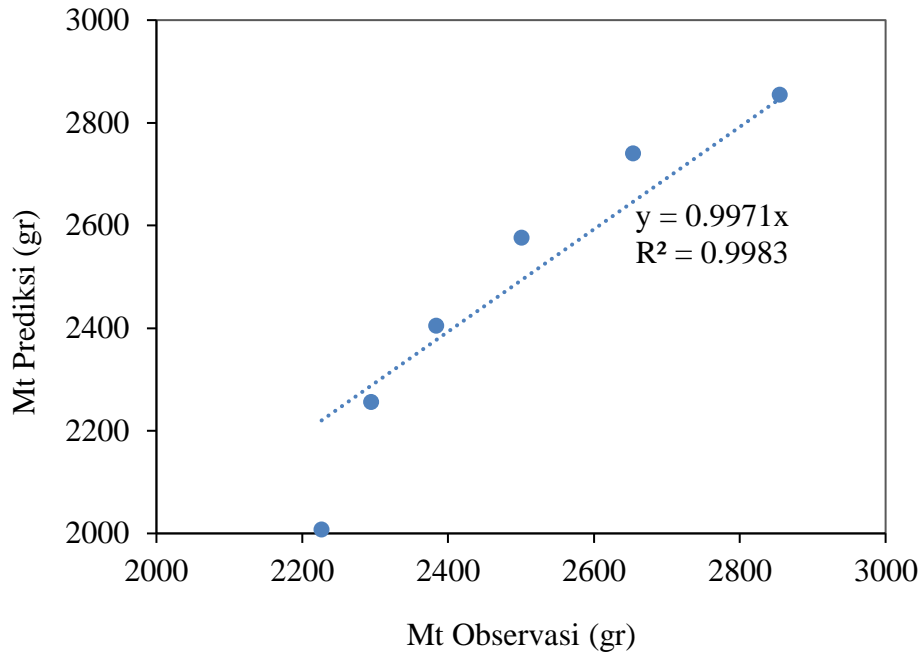
Konstanta laju pengeringan cetakan keramik pada berbagai suhu dan bobot sampel tiap rak dianalisis dengan menggunakan grafik hubungan $\ln MR$ versus waktu yang ditunjukkan pada Gambar 7. Konstanta laju pengeringan (k) merupakan sebuah besaran yang dapat digunakan sebagai indikator seberapa cepat proses pengeringan dapat berlangsung pada suatu bahan. Harga konstanta laju pengeringan sangat tergantung pada besarnya harga koefisien difusi suatu bahan yang dikeringkan, dimana keduanya berbanding lurus [4]. Nilai konstanta laju pengeringan dapat didapatkan dari persamaan linier pada Gambar 7, dimana nilai konstanta pengeringan sebesar $0,271 \text{ jam}^{-1}$.

Uji validasi nilai k

Uji validasi nilai konstanta laju pengeringan (k) dapat dilihat pada Gambar 7, uji Validasi kadar air prediksi dan observasi dapat dilihat pada Gambar 8. Uji validasi nilai konstanta laju pengeringan (k) dilakukan dengan memprediksi kandungan air bahan berdasarkan nilai k sesuai dengan interval waktu pengambilan data. Kadar air prediksi selanjutnya diplotkan dalam grafik secara bersamaan dengan kadar air observasi. Ketika hasil uji validasi menunjukkan nilai gradien garis mendekati 1, maka kadar air prediksi sama dengan kadar air observasi [7]. Sebaran data juga sangat kecil yang terlihat dari R^2 yang mendekati 1 (Gambar 8).



Gambar 7. Kurva penentuan nilai konstanta pengeringan



Gambar 8. Uji Validasi kadar air prediksi dan observasi

KESIMPULAN

Hasil data pengujian dari alat pengering cetakan piring keramik dengan bahan uji cetakan piring keramik kapasitas 2880 cetakan, penurunan kandungan air cetakan basah sebesar 874gram dengan berat awal air 1 liter dalam waktu proses pengeringan selama 5 hari. Hasil ini jauh lebih baik dibandingkan pengeringan menggunakan cahaya matahari selama lebih dari 3 minggu lamanya, persediaan tempat dan faktor cuaca yang kurang memadai. Suhu panas yang di gunakan menggunakan sisa pembakaran *sablon temple* yang dimanfaatkan panasnya untuk ruang pengeringan dijaga 38 – 41 °C. Sehingga dengan kapasitas 2880 cetakan cetakan per 5 hari dapat memenuhi kebutuhan cetakan untuk proses produksi. Nilai konstanta laju pengeringan sebesar 0,271 jam⁻¹.

DAFTAR NOTASI / NOMENCLATURE

W_1	= Berat awal, kg
W_2	= Berat akhir, kg
KA	= Kadar Air, %
M_o	= Kadar air awal cetakan keramik, kg
M_e	= Kadar air setimbang dalam basis kering, kg
k	= Konstanta laju pengeringan
t	= Waktu, menit

DAFTAR PUSTAKA / REFERENCES

- [1] A. R. A. S. R. Nopianti, “Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Waktu Pengeringan Terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam (*Trichogaster Pectoralis*) Dengan Menggunakan Oven,” *Fistech*, vol. 2, no. 1, pp. 53–68, 2013.
- [2] A. Halim, “Modifikasi dan Uji Performansi Sistem Pemanas Biomassa Pada Alat Pengering Fluidized beds,” *Univ. Mataram*, 2018.
- [3] R. Manfaati, H. Baskoro, and M. M. Rifai, “Pengaruh Waktu dan Suhu Terhadap Proses

- Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Tray Dryer,” *J. Fluida*, vol. 12, no. 2, pp. 43–49, 2019, doi: 10.35313/fluida.v12i2.1596.
- [4] W. H. Pamungkas, N. Bintoro, and S. R. B. Rahardjo, “Perubahan Konstanta Laju Pengeringan Pasta dengan Perlakuan Awal Puffing Udara,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian*, 2008, no. November, pp. 18–19.
- [5] R. Henderson, SM., & Perry, *Agricultural Process Engineering. 3re Edition. The AVI Publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA.*, 3rd ed. The AVI Publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA., 1976.
- [6] K. Hary, “Karakteristik Pengeringan Gula Semut Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak Geometri Silinder Hary,” *Rona Tek. Pertan.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–13, 2020.
- [7] N. Ummah, Y. A. Purwanto, and A. Suryani, “Penentuan Konstanta Laju Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Iris Menggunakan Tunnel Dehydrator,” *J. Agro-based Ind.*, vol. 33, no. 2, pp. 49–56, 2016.