

Kajian Pengeringan Pada Pengering Tipe Rak Dengan Konveksi Panas Dari Pipa Yang Dialiri Air Panas Geothermal

Yedi Gunawan¹, Yazid Ismi Intara^{1*}, Bosman Sidebang¹, Ulfah Anis¹

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Bengkulu, Indonesia

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel:

Draft diterima: 5 Maret 2024

Revisi diterima: 20 April 2024

Diterima: 24 April 2024

Tersedia Online: 30 April 2024

Corresponding author: yazidintara@unib.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja suhu konveksi panas dari aliran air panas pada pipa dalam ruang pengering saat proses pengeringan. Metode penelitian ini mengkaji secara deskriptif suatu fungsi pengeringan serta proses aliran udara panas dalam sistem pengering. Hasil yang telah didapat dari penelitian menunjukkan bahwa suhu rata-rata ruang pengering adalah 37°C sedangkan suhu luar pengering (suhu lingkungan) sebesar 22°C. Untuk mengeringkan irisan singkong ketebalan 2 mm dari berat bahan 23 g menjadi 8 g dibutuhkan waktu 8-10 jam. Peningkatan suhu mempengaruhi penurunan *Moisture ratio* pada alat pengering aliran air panas *geothermal*. Penurunan nilai *Moisture ratio* dipengaruhi penurunan nilai kadar air bahan selama proses pengeringan. Sebaran pergerakan suhu yang terjadi pada ruang pengering saat awal proses pengeringan dimana suhu ruang bergerak turbulensi dari suhu 30,8 - 35,1°C. Pada saat proses pengeringan pergerakan distribusi panas menunjukkan fenomena aktif dari sumber panas konveksi dari sisi ruang pengering yang merupakan desain pemanas berbentuk spiral disekitar ruang pengering. Panas suhu konstan ada 36 - 38°C yang merupakan suhu terpanas yang hampir seragam pada ruang pengering. Penggunaan energi air panas dari sumber air panas *geothermal spring* dapat sebagai alternatif proses pengeringan yang kontinyu dan higienis.

Kata kunci: air panas, distribusi panas, *geothermal*, konveksi panas, pengering, *moisture ratio*

ABSTRACT

This research aims to obtain the temperature performance of heat convection from hot water flow in pipes in the drying chamber during the drying process. This research method descriptively examines the drying function and the hot air flow process in the drying system. The results obtained from the research show that the average temperature in the dryer room was 37°C while the temperature outside the dryer (environmental temperature) was 22°C. To dry 2 mm thick cassava slices from an ingredient weight of 23 g to 8 g, it takes 8-10 hours. An increase in temperature affects a decrease in the Moisture ratio in geothermal hot water flow dryer. The decrease in the Moisture ratio value was influenced by the decrease in the water content of the material during the drying process. The distribution of temperature movements that occur in the dryer room at the beginning of the drying process where the room temperature moves turbulently from 30.8 - 35.1°C. During the drying process, the movement of heat distribution showed the active phenomenon of convection heat source from the side of the dryer chamber with spiral-shaped heating design around the dryer chamber. The constant temperature was 36 - 38°C which the hottest temperature that was almost uniform in the dryer room. The use of hot water energy from geothermal hot springs can be an alternative continuous and hygienic drying process.

Keywords: hot water, heat distribution, *geothermal*, heat convection, dryer, moisture ratio

1. PENDAHULUAN

Penelitian fisika klasik berbasis mempelajari fenomena alam dengan menggunakan rumus empiris saat ini masih dapat dilakukan khususnya pada studi pengeringan bahan. Pengeringan ialah suatu proses yang bertujuan guna mengurangi kadar air bahan hingga tingkat yang aman untuk penyimpanan dan keperluan lainnya [1]. Proses pengeringan merupakan bagian dari penanganan pasca panen yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dari bahan hasil pertanian dengan cara menguapkan air menggunakan energi panas. Penurunan kadar air tersebut ditujukan guna menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim agar dapat memperpanjang masa simpan bahan tersebut. [2].

Prinsip dari proses pengeringan ialah terjadi perpindahan panas dan massa secara bersamaan dari sumber panas ke bahan sehingga terjadilah penguapan air. Setelah penguapan air terjadi, uap air yang terbentuk akan dipindahkan melalui struktur bahan ke lingkungan disekitarnya [2].

Kinerja pengeringan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kecepatan aliran udara, kadar air, dan ketebalan tumpukan bahan. Semakin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara yang digunakan, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih cepat. Ketebalan tumpukan bahan juga mempengaruhi laju pengeringan, dimana tumpukan bahan semakin tipis, maka proses pengeringan akan lebih cepat. Sebaliknya, semakin tebal tumpukan bahan, maka waktu yang diperlukan untuk menguapkan air akan lebih lama karena jarak yang harus ditempuh oleh panas untuk masuk ke dalam bahan dan menguapkan udara ke permukaan bahan menjadi lebih lambat. Suhu tinggi dalam proses pengeringan dapat mempercepat laju pengeringan. Hal ini dikarenakan suhu panas secara langsung akan mempengaruhi sifat bahan atau material yang terkait dengan pengeringan. Sedangkan faktor yang mempengaruhi kadar air akhir bahan merupakan kelembapan relatif (RH). Selama laju evaporasi air bergantung pada uap air dan tekanan permukaan bahan pada laju udara yang konstan, maka RH dapat digunakan guna mempercepat penguapan air pada bahan [3].

Laju aliran udara memiliki peranan penting dalam suatu proses pengeringan karena dibutuhkan perpindahan energi guna membawa dan menguapkan air yang terkandung dalam bahan. Mengurangi ketebalan lapisan dan jarak tempuh udara panas menuju bahan yang dikeringkan merupakan suatu cara untuk mempercepat proses pengeringan. [4].

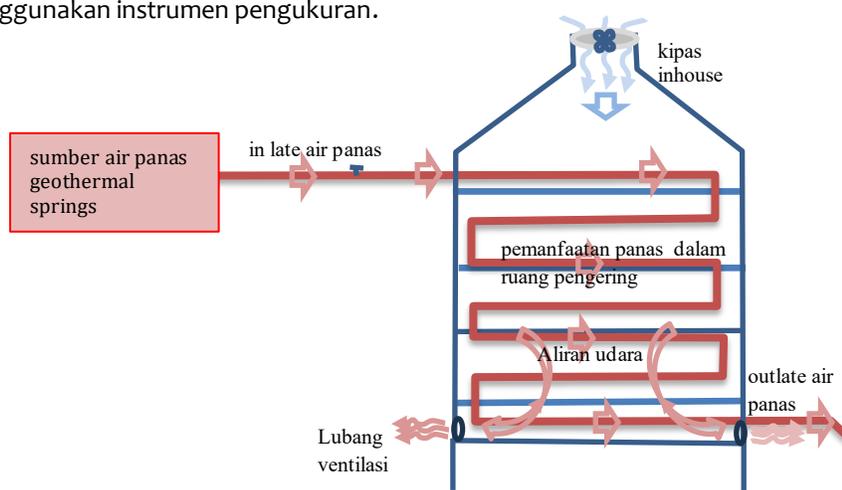
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja suhu konveksi panas pada rak alat pengering, dan menghitung *moisture content* ketika proses pengeringan bahan, serta mendapatkan kontur sebaran suhu dalam ruang pengering saat proses pengeringan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2024 di Kawasan Suban Air Panas Curup, Kabupaten Rejang Lebong, Provinsi Bengkulu. Alat dan perlengkapan yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pengering tipe rak dengan pemanfaatan panas pipa dari sumber air panas Suban, thermometer digital, penggaris, thermo hygrometer (TPM-10), *thermometer gun (infrared)*, sensor suhu termistor, anemometer, timbangan digital (*V60 drip coffe scale digital*), dan peralatan dokumentasi. Bahan sampel uji pengeringan pada penelitian ini menggunakan irisan singkong dengan ketebalan 2 mm.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan teknis fungsional (seperti pada Gambar 1) dan deskriptif, yaitu desain untuk mendapatkan fungsi pengeringan serta melihat secara deskriptif kinerja alat pada proses aliran udara panas dalam sistem pengering dengan menggunakan instrumen pengukuran.



Gambar 1. Sketsa prototipe alat pengering

Pengujian menggunakan bahan sebagai indikator kinerja pengeringan, bahan pada penelitian ini menggunakan irisan singkong 2 mm yang ditaruh pada wadah sampel dengan beda tinggi tumpukan bahan

K1: ketebalan tumpukan 1 cm

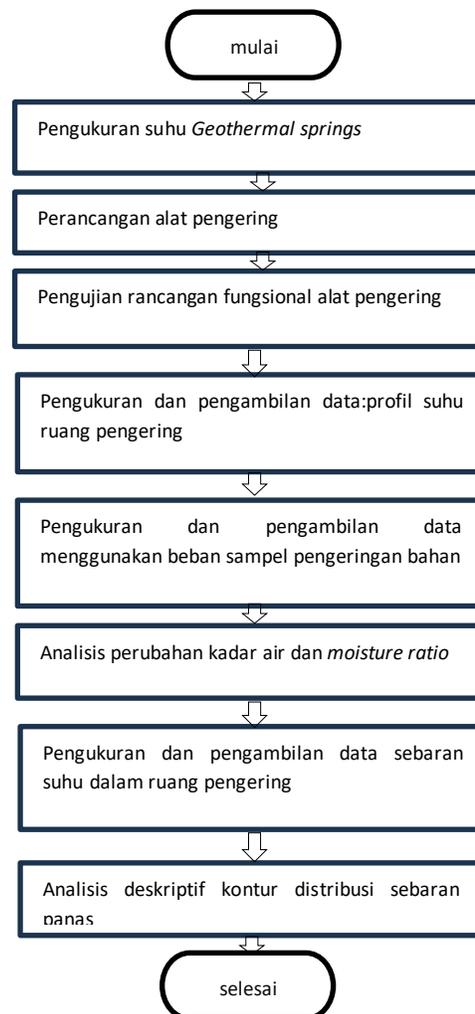
K2: ketebalan tumpukan 2 cm

K3: ketebalan tumpukan 3 cm

Prototipe alat (Gambar 1) selanjutnya dikaji kinerjanya dengan melakukan pengukuran aliran panas yang terjadi dalam ruang pengering tipe rak dengan pemanfaatan panas pipa dari sumber air panas Suban. Panas pada pipa dalam ruang pengering akan didorong atau teralirkan menggunakan kipas pendorong panas pada ujung lorong rak pengering. Sebaran Aliran udara panas tersebut diukur menggunakan metode banyak titik pengukuran (grafik kontur menggunakan 16 sensor suhu).

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mengikuti bagan alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Persiapan awal alat dan bahan dengan instalasi alat pengering tipe rak, setelah alat dan bahan sudah disiapkan dilakukan pengujian kinerja sistem alat pengering tipe rak menggunakan bahan untuk dikeringkan berupa irisan singkong dengan ketebalan 2 mm dengan tumpukan yang berbeda-beda (lihat Gambar 3.B). Proses pengambilan data sebaran suhu dilakukan setiap 20 menit sekali. Hal ini dilakukan untuk melihat kinerja dari sistem alat pengering tipe rak dengan penambahan kipas pendorong panas. Analisis yang digunakan yaitu analisis data, analisis kadar air, analisis *Moisture ratio* dan analisis deskriptif pergerakan kontur suhu.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

Parameter Pengamatan Profil Suhu dalam Ruang Pengering

Parameter pengamatan yang dilakukan dalam pengujian kinerja pengeringan (aliran udara panas), Kinerja sistem pengering dapat dilihat dari kemampuan rancangan alat mengalirkan udara panas yang melewati lorong pengering. Alat ukur

suhu dipasang pada setiap titik yang telah ditentukan yaitu 16 titik sebaran suhu dengan skema 4 x 4 titik. Perhitungan dilakukan dengan interval waktu 20 menit sekali selama 6 jam.

Variabel yang diamati ketika alat beroperasi meliputi: (1) Suhu di dalam ruang pengering diukur menggunakan alat thermometer digital dengan cara memasang sensor suhu didalam ruang alat pengering tipe rak, (2) Kelembapan udara diukur dengan menggunakan thermo hygrometer yang diletakkan di dalam ruang pengering dan di luar ruang alat pengering tipe rak dan (3) Kecepatan aliran udara diukur dengan menggunakan alat anemometer dengan cara meletakkan alat secara melintang pada ruang pengering.

Pengamatan Bahan yang Dikeringkan

Kadar air ialah presentase jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan yang dapat diukur berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Kadar kelembapan berdasarkan berat basah memiliki batas maksimum teoritis sebesar 100%, sementara kadar kelembapan berdasarkan berat kering dapat melebihi 100%. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada singkong karena pertumbuhan mikroorganismenya yang terus berlanjut. Salah satu parameter yang diamati dalam proses pengeringan adalah *Moisture ratio*. *Moisture ratio* dihitung berdasarkan kadar air produk dengan dasar kering, namun dalam praktiknya, kadar air produk sering diukur dengan dasar berat basah [5].

Moisture ratio ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$MR = \frac{MC - MC_e}{MC_i - MC_e} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- MR = *Moisture ratio* (desimal)
- MC = Kadar air sesaat dasar kering (%)
- MCi = Kadar air awal dasar kering (%)
- MCe = Kadar air lengas seimbang (%)

Kadar air sampel dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MC_{db} = \frac{M_w - M_d}{M_d} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$MC_{wb} = \frac{M_w - M_d}{M_w} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- MCdb = Kadar air dasar kering (%)
- MCwb = Kadar air dasar basah (%)
- Mw = Berat basah sampel (g)
- Md = Berat kering sampel (g)

Analisis yang digunakan dalam pengolahan data menggunakan regresi linier dalam bentuk grafik garis (kurva) untuk menentukan naik turunnya kurva pada perlakuan. Dalam menentukan pola pengeringan akan digunakan rumus *Moisture ratio* untuk menentukan nilai yang di dapat pada setiap perlakuan kemudian nilai perlakuan yang didapat dimasukkan ke dalam kurva atau grafik garis dari semua perlakuan. Analisa yang digunakan untuk waktu pengeringan menggunakan kadar air akhir yang konstan.

Pengambilan Data Kontur Suhu

Penelitian dengan pendekatan deskriptif kuantitatif menekankan analisa pola sebaran suhu pada alat pengering tipe rak yang dirancang dalam bentuk kontur sebaran suhu ruang pengering berdasarkan data numerik dari hasil pengukuran suhu yang dipengaruhi oleh laju udara, kelembapan udara, suhu udara lingkungan sekitar, dan struktur alat itu sendiri (data diambil setiap 20 menit menggunakan alat-alat berupa thermometer digital, thermo hygrometer, thermometer gun (*infrared*), dan sensor suhu termistor).

Pengukuran pola sebaran suhu udara didalam ruang pengering dilakukan dengan mengukur 16 titik sebaran suhu dengan skema 4 x 4 titik. Sedangkan pengukuran faktor- faktor yang mempengaruhi suhu ruang pengering dilakukan pada 4 titik pengukuran antara lain: inlet udara, outlet udara, letak rak pengering, dan lingkungan sekitar. Pengukuran dilakukan dengan interval waktu 20 menit sekali selama 6 jam.

Penggambaran kurva kontur dengan menggunakan sebuah perangkat lunak berupa *software* Surfer 8 memberikan gambaran berupa kontur suhu hasil pengukuran suhu ruang pengering Perangkat lunak ini memiliki 3 komponen utama, yaitu: komponen penyiapan data berupa data hasil pengukuran suhu ruang pengering, komponen proses berupa *gridding* (Interpolasi titik *grid*, interpolasi titik ukur, dan komponen keluaran berupa *display* data proses perhitungan interpolasi titik *grid*, interpolasi titik kontur, dan koneksi titik kontur serta *display* peta kontur suhu).

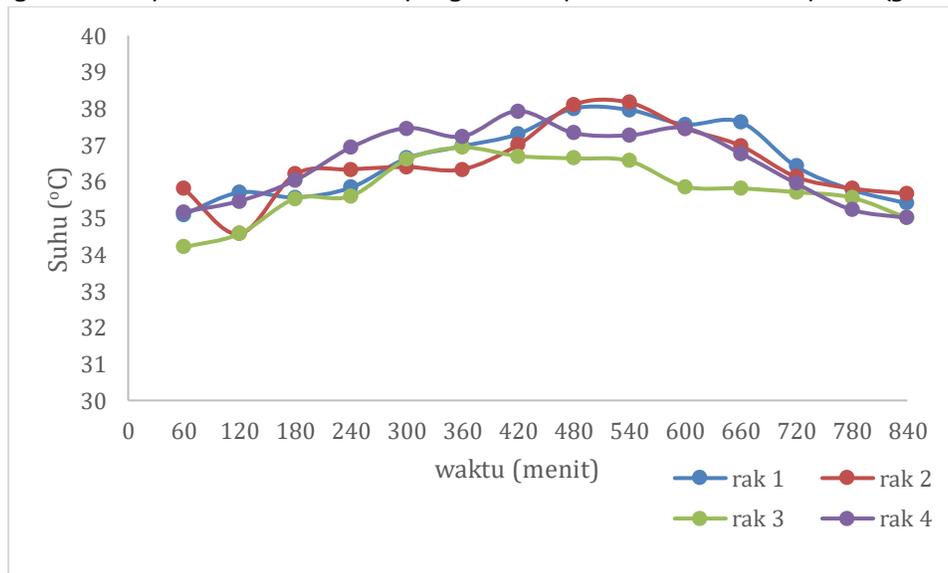
Analisis penelitian

Analisis data hasil pengukuran variabel bebas alat pengering akan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi waktu dan diuraikan secara deskriptif. Untuk kinerja alat, data parameter dari penelitian akan ditampilkan secara deskriptif hasil pengukuran dalam bentuk grafik fungsi waktu, selanjutnya data yang dituangkan kedalam grafik ialah rata-rata dari 3 kali pengulangan setiap cara. Pengukuran terhadap bahan yang dikeringkan menggunakan analisis dengan bentuk kurva dan hipotesis lama waktu pengeringan bahan [5]. Sedangkan analisis pada gambar kontur menggunakan pengukuran sebaran suhu pada ruang pengering menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang menekankan analisa pola sebaran suhu pada alat pengering tipe rak dalam bentuk kontur sebaran suhu ruang pengering.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem pengering dari pemanfaatan aliran panas dari sumber air panas *geothermal* terdiri dari 4 rak pengering dengan satu buah kipas pendorong dari luar kedalam ruang pengering. Pada bagian bawah terdapat 3 buah lubang ventilasi untuk sirkulasi udara panas terbuang. Setiap rak dipasang sensor suhu yang dapat menunjukkan nilai perubahan suhu yang terjadi ditampilkan pada layar *display* sensor tersebut. Dinding ruang pengering diberi suatu lapisan insulator kedap panas (peredam panas) agar suhu pada ruang dapat terfokus sebarannya dalam ruang pengering.

Hasil pengukuran kinerja alat pengering menampilkan profil suhu di masing masing rak selama 840 menit pengaliran air panas dari sumber air panas bersh 42°C secara terus menerus. Gambar 3 di bawah menunjukkan profil suhu ruang rak pengering tipe *cabinet dryer* dengan sumber panas dari mekanisme pengaliran air panas dari sumber air panas (*geothermal spring*).



Gambar 3. Profil suhu selama proses pengeringan tanpa beban selama 840 menit dengan mekanisme artifisial aliran panas *geothermal* di Laboratorium

Pada rak ke 1 profil suhu tertinggi yaitu 38°C dan suhu terendah yaitu $35,10^{\circ}\text{C}$, untuk profil pada rak 2 suhu tertinggi yaitu $38,1^{\circ}\text{C}$ dan suhu terendah yaitu $35,66^{\circ}\text{C}$, untuk profil suhu pada rak 3 suhu tertinggi yaitu $36,7$ dan suhu terendah $34,2^{\circ}\text{C}$, untuk profil suhu pada rak 4 suhu tertinggi yaitu $37,97^{\circ}\text{C}$ dan suhu terendah yaitu $35,5^{\circ}\text{C}$. Perbedaan suhu pada setiap rak pengering tidak terlalu besar karena desain sumber panas pengering merupakan bentuk pipa spiral yang melingkar di sekitar ruang pengering. Proses pengeringan pada pengering tipe rak memungkinkan terjadinya suatu sistem yang dapat menciptakan peningkatan pada laju udara sehingga ruang pengering memiliki tekanan yang rendah, dan suhu udaranya menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara lingkungan.

Dalam penelitian ini dapat ditunjukkan bahwa suatu proses pengeringan merupakan salah satu proses yang paling intensif energi, dimana penggunaan energi air panas dari sumber air panas *geothermal* muncul sebagai alternatif yang tidak mencemari untuk digunakan dalam proses pengeringan. Sumber energi panas *geothermal* selalu ada atau bersifat kontinu karena berasal dari pemanasan air dalam kerak bumi. Tujuan utama dari pengeringan bahan makanan adalah untuk mengurangi kadar air

padatan sampai ke tingkat di mana mikroba pertumbuhan dan reaksi enzimatik minimal. Pengeringan terdiri dari perpindahan panas dari sumber pemanas ke substrat lembab, menghasilkan perpindahan air dari bagian dalam substrat ke permukaan, dan kemudian ke udara sekitarnya. Laju perpindahan panas dan massa berhubungan erat dengan laju aliran, suhu dan kandungan kelembapan relatif dari udara pengering.

Penelitian ini menunjukkan bahwa proses pengeringan (lihat Gambar 4) dapat dilakukan dengan alat mekanis (pengering buatan) yang menggunakan tambahan panas, memberikan beberapa keuntungan diantaranya adalah tidak tergantung pada cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol.



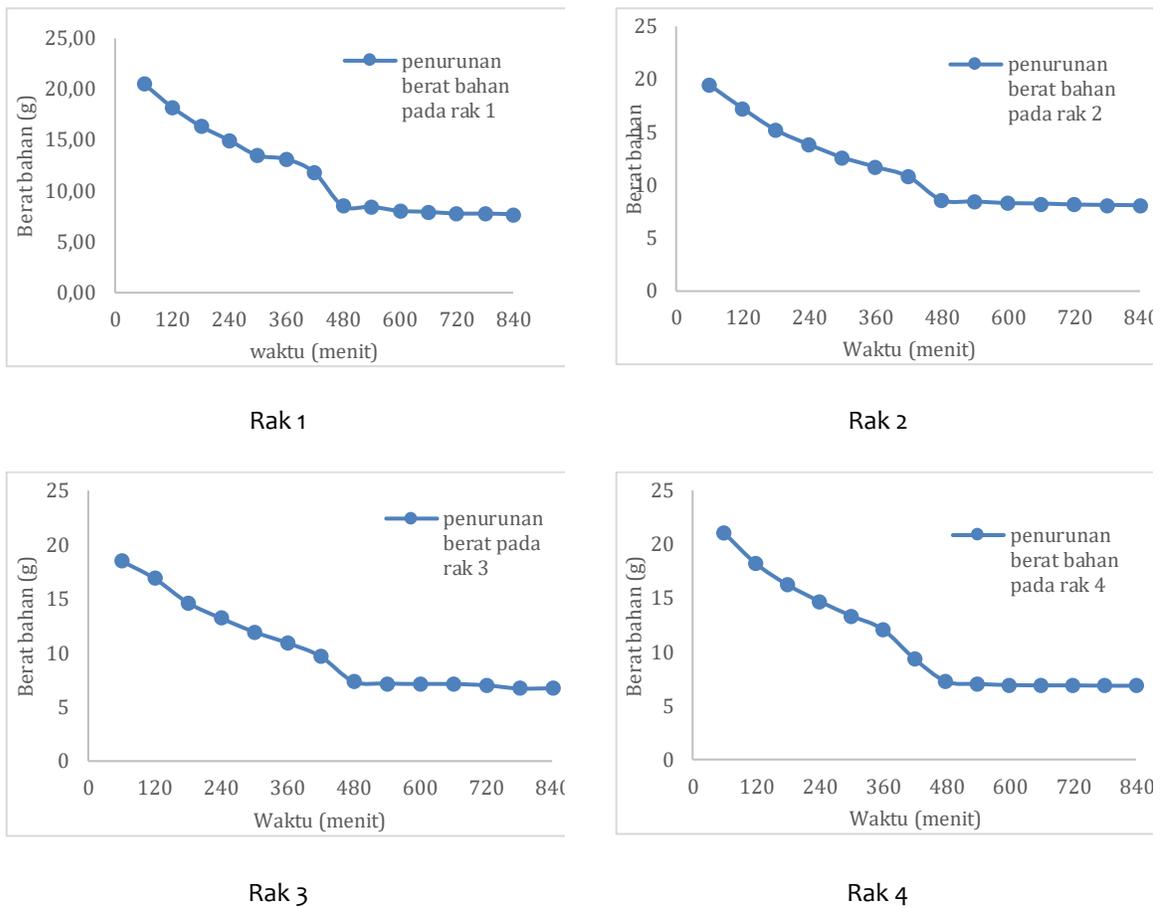
Gambar 4. A) Potensi sumber aliran air panas *geothermal* di Suban Curup, B) Proses pengambilan data pada alat pengering, C) Hasil pengeringan sangat baik (putih bersih dan hygienis)

Penurunan berat bahan (irisian 2mm) selama pengeringan

Hasil pengujian menggunakan bahan pengeringan irisan singkong dengan ketebalan 2 mm menunjukkan kinerja pengeringan bahan yang cukup baik. Untuk mengeringkan irisan singkong ketebalan 2 mm dari berat bahan 23 g menjadi 8 g dibutuhkan waktu 8-14 jam. Data grafik hasil pengukuran pada setiap rak pengering dalam ruang pengering dari pemanfaatan panas aliran air panas *geothermal spring* ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil pengamatan dari kinerja pengeringan bahan (Gambar 5) pada pengering menggunakan aliran air panas *geothermal spring* menunjukkan kerja yang cukup baik dalam proses pengeringan bahan. Hal tersebut ditunjukkan dari bentuk kurva grafik penurunan berat bahan setuap jamnya menurun hingga pada waktu rata-rata keempat rak tersebut pada menit ke 480 berat bahan mulai konstan.

Penjelasan tersebut menggambarkan bahwa dalam proses pengeringan, terjadi pengeluaran atau pemisahan air dalam jumlah kecil dari bahan menggunakan energi panas. Pada grafik tersebut juga terlihat bahwa proses pengeringan terbagi menjadi dua periode: periode pengeringan dengan laju konstan dan periode dengan laju menurun. Periode pengeringan dengan laju konstan melibatkan transfer massa air dari permukaan bahan, dipicu oleh perbedaan tekanan uap air antara permukaan bahan dan udara pengering. Proses ini berlangsung hingga air bebas di permukaan bahan habis. Sementara itu, pengeringan dengan laju menurun terjadi setelah periode laju konstan selesai. Kadar air di antara dua periode ini disebut sebagai kadar air kritis. Pengeringan dengan laju menurun akan berhenti ketika mencapai kadar air keseimbangan.



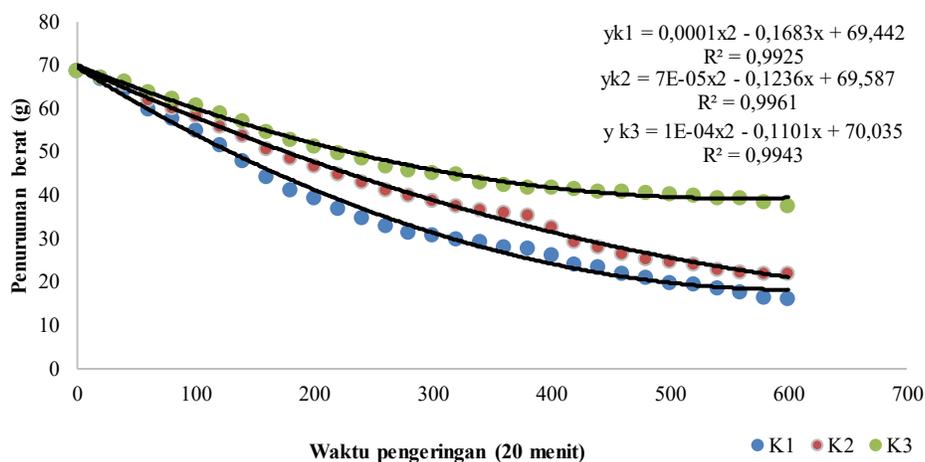
Gambar 5. Kinerja pengeringan bahan pada rak 1-4

Perubahan kadar air bahan selama pengeringan diruang pengering

Penurunan kadar air diamati setiap 20 menit sekali dalam kurun waktu 10 jam. Pengamatan penurunan dilakukan pada sampel dengan ketebalan 2 mm dengan tumpukan 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Penurunan kadar air irisan singkong selama proses pengeringan berlangsung, dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan grafik penurunan kadar air selama 10 jam ditandai dengan simbol warna biru yang dapat dilihat terjadi penurunan signifikan pada waktu 100 menit – 300 menit dan kadar air mulai berhenti penurunan kadar air pada waktu pengeringan memasuki 6 jam dimulai pada ketebalan tumpukan 1 cm dengan berat 28,37 g selanjutnya grafik penurunan pada simbol warna merah terjadi penurunan signifikan terjadi pada waktu ke 100-300 menit dan berhenti bergerak pada waktu 6 jam dengan berat 30,12 g. selanjutnya grafik simbol berwarna hijau dengan ketebalan 3 cm penurunan signifikan terjadi pada waktu ke 100–200 menit dan mulai berhenti bergerak pada waktu 6 jam dan berhenti bergerak pada waktu 6 jam. Penurunan kadar air yang signifikan diawal pengeringan, pada fase ini dikarenakan air bebas yang terdapat pada bahan sampel masih tinggi dan mudah dilepaskan selanjutnya berat mulai berhenti bergerak dikarenakan kadari air dalam bahan sudah sedikit dan mulai mendekati konstan hal ini dapat dilihat pada waktu pengeringan 6-10 jam.

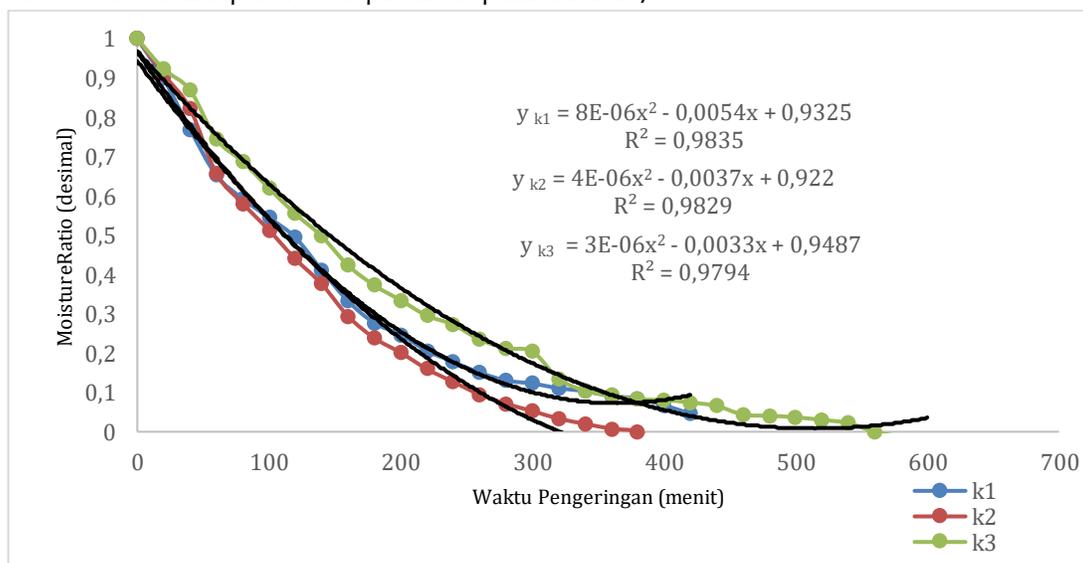
Irisan singkong basah memiliki kadar air awal yang beragam berkisar antara 60 persen hingga 68 persen karena singkong langsung dipanen dari hasil kebun petani tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya [6]. Terdapat dua faktor yang memengaruhi laju pengeringan, yaitu faktor internal seperti bentuk atau ukuran bahan, dan faktor eksternal seperti suhu, kelembaban udara, kecepatan udara, dan arah udara. Dalam pembuatan tepung singkong, harus memenuhi standar SNI 01-2905-1992 yang menetapkan kadar air gaplek harus kurang dari 14%.



Gambar 6. Grafik kadar air selama 10 jam

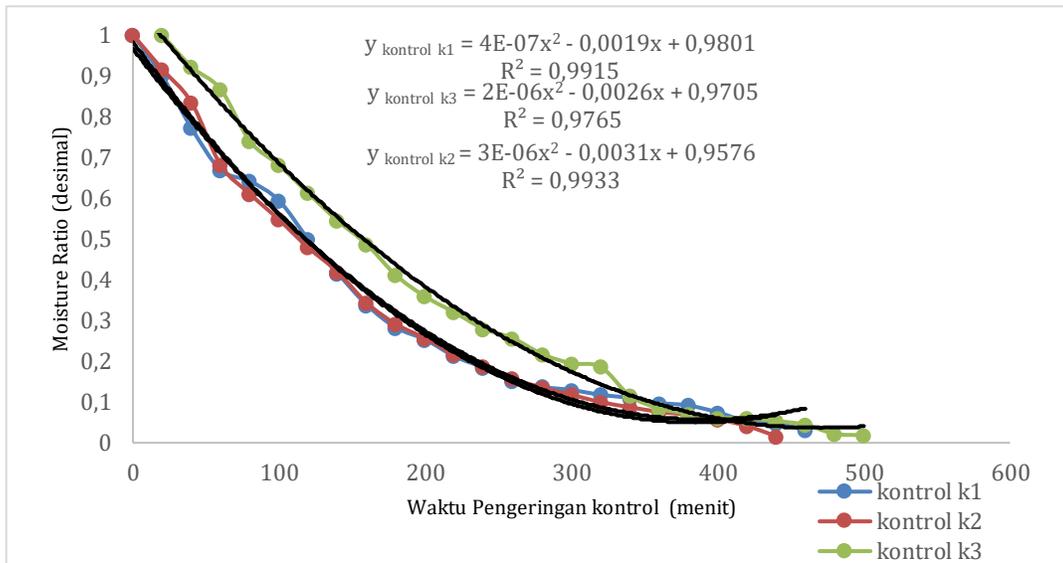
Moisture ratio

Hasil pengolahan data menggunakan rumus *Moisture ratio* didapat kinerja suhu dalam proses pengeringan dapat digambarkan melalui grafik *Moisture ratio* terhadap alat pengering aliran air panas *geothermal* selama 6 jam yang disajikan pada Gambar 7 dan *Moisture ratio* terhadap kontrol dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Moisture ratio pengeringan alat cabinet dryer selama 6 jam

Hubungan *Moisture ratio* terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 dimana semakin lama waktu pengeringan semakin rendah nilai *Moisture ratio*. Peningkatan suhu mempengaruhi penurunan *Moisture ratio* pada alat pengering aliran air panas *geothermal*. Semakin tinggi suhu pengering penurunan *Moisture ratio* semakin cepat. Penurunan nilai *Moisture ratio* (MR) dipengaruhi oleh penurunan kadar air bahan selama proses pengeringan. Gambar 8 menunjukkan grafik penurunan kadar air irisan singkong yang dikeringkan menggunakan alat aliran air panas *geothermal* sedangkan Gambar 6 merupakan *Moisture ratio* penurunan kadar air irisan singkong menggunakan pengeringan sinar matahari sangat terlihat perubahan pergerakan grafik kadar air irisan singkong lebih konstan menggunakan alat pengering aliran air panas *geothermal* dibandingkan menggunakan sinar matahari.



Gambar 8. Moisture ratio kontrol

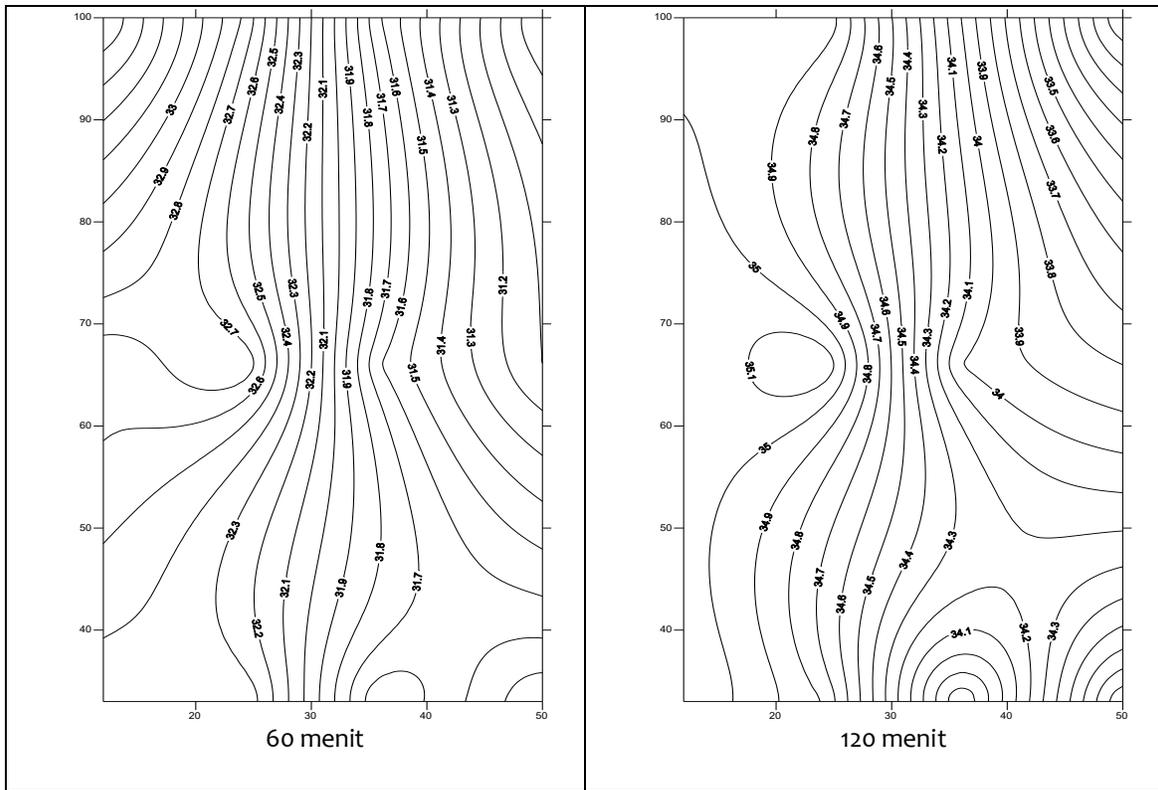
Moisture ratio (MR) mengikuti dengan peningkatan suhu ruang pengering semakin tinggi suhu ruang pengering, maka waktu untuk pengeringan akan semakin singkat [7]. Ketebalan bahan yang sedang dikeringkan memiliki dampak signifikan terhadap laju difusi moisture dari bahan ke udara bebas. Prinsip ini sejalan dengan persamaan matematis laju moisture dinyatakan oleh hukum Fick hubungan antara koefisien difusifitas dengan jarak pada arah difusi. Semakin tipis lapisan bahan yang dikeringkan maka proses difusi akan berlangsung lebih cepat dan moisture akan lebih cepat teruapkan ke udara. Difusi moisture terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara bagian dalam bahan padat yang memiliki konsentrasi tinggi, dengan permukaan yang memiliki konsentrasi rendah [8].

Distribusi sebaran panas pada ruang pengering

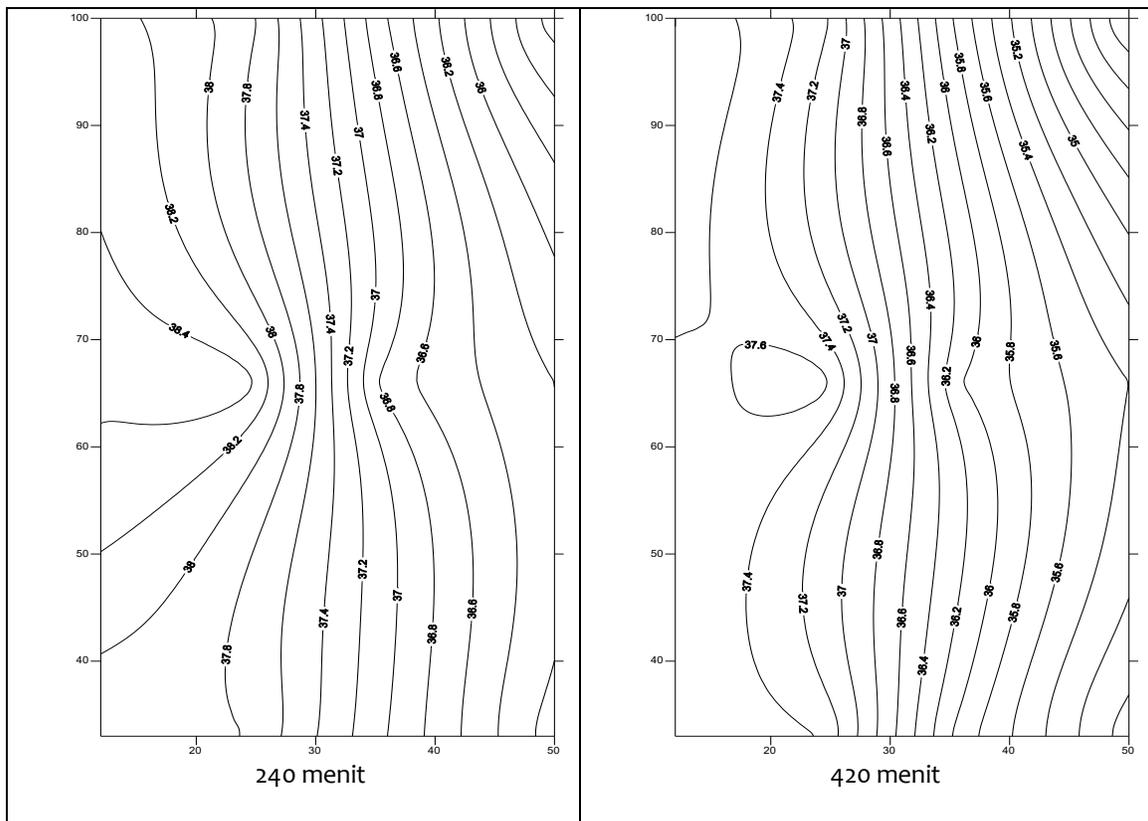
Selain pengukuran kinerja profil tanpa beban dan pengukuran kinerja proses pengeringan menggunakan beban, dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran sebaran suhu yang terjadi di dalam ruang pengering. Hasil pengukuran ini guna mengetahui tentang permasalahan fenomena konveksi alamiah (*natural convection*) yang merupakan hasil dari pergerakan fluida akibat perubahan densitas yang timbul karena proses pemanasan. Proses pergerakan fluida pada konveksi bebas, baik gas atau zat cair terjadi karena gaya apung yang terjadi ketika densitas fluida di sekitar permukaan perpindahan-kalor berkurang sebagai akibat proses pemanasan. Dengan demikian distribusi pergerakan udara panas di dalam ruang pengering dapat dipelajari melalui hasil pengamatan ini.

Distribusi sebaran panas

Analisis data untuk pengukuran sebaran suhu pada ruang pengering menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang menekankan analisa pola sebaran suhu pada alat pengering tipe rak kabinet dalam bentuk kontur sebaran suhu ruang pengering berdasarkan data numerik dari hasil pengukuran suhu yang dipengaruhi berupa laju udara, kelembapan udara, suhu udara lingkungan sekitar dan skema arah peletakan alat. Data hasil pengukuran suhu ruang pengering tipe rak kabinet diolah dalam bentuk grafik kontur distribusi pergerakan suhu di dalam ruang pengering menggunakan software Surfer 7 dengan menggunakan metode *gridding* data Interpolasi *Radial Basis Function* (RBF) dengan menggunakan fungsi multi kuadratik. Hasil pengolahan data pengukuran sebaran suhu dalam ruang pengering ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Kontur sebaran suhu saat awal-awal proses pengeringan pada menit ke 60 dan 120



Gambar 10. Kontur sebaran suhu saat proses pengeringan dan akhir proses pengeringan

Metode interpolasi menggunakan *Radial Basis Function* (RBF) difokuskan pada rekonstruksi sebuah fungsi yang tidak diketahui berdasarkan data yang diketahui [9] yang dalam hal ini adalah data sebaran suhu ruang pengering. Grafik kontur suhu distribusi suhu pengering akan menjelaskan sebaran suhu yang terjadi sebagai fenomena proses aliran panas pada ruang pengering (konveksi panas) aliran air panas *geothermal* tipe rak. Sistematis permodelan aliran udara panas pada ruang pengering dilakukan menggunakan *software* Surfer 8. Analisis data hasil pengukuran variabel bebas alat pengering akan ditampilkan dalam bentuk grafik fungsi waktu dan diuraikan secara deskriptif. Untuk kinerja alat, data parameter dari penelitian akan disajikan secara deskriptif hasil pengukuran dalam bentuk grafik fungsi waktu

Hasil dari pengolahan data sebaran suhu dalam ruang pengering dengan sistem pemanasan memanfaatkan aliran air panas *geothermal* saat diawal pengambilan data dapat ditunjukkan pada Gambar 10. Gambar tersebut menunjukkan sebaran pergerakan suhu yang terjadi pada ruang pengering saat awal proses pengeringan dimana suhu ruang bergerak turbulensi dari suhu 30,8 - 35,1°C. Grafik tersebut menunjukkan suatu pergerakan distribusi suhu udara panas konveksi pada ruang pengering dengan sebaran suhu dari 33,5 - 37,2°C yang bergerak secara turbulensi membentuk garis kontur dari atas kebagian bawah ruang pengering. Hal ini disebabkan pada bagian atas alat pengering terdapat kipas pendorong udara dari luar lingkungan pengering ke ruang pengering. Udara tersebut akan di keluarkan pada 3 lubang ventilasi pada bagian bawah.

Hasil pengamatan kurva garis kontur juga menunjukkan bahwa sebaran panas cukup merata membentuk aliran garis lurus sepanjang ruang pengering. Adanya kontur melengkung atau melingkar pada bagian sisi menunjukkan bahwa aktifitas sumber panas pada bagian sisi ruang pengering berbentuk spiral cukup dinamis.

Gambar pergerakan distribusi panas menunjukkan fenomena aktif dari sumber panas konveksi dari sisi ruang pengering yang merupakan desain pemanas berbentuk spiral disekitar ruang pengering. Panas suhu konstan ada 36 – 38°C yang merupakan suhu terpanas yang hampir seragam pada ruang pengering. Peningkatan atau pertambahan suhu sebesar 1 – 1,5°C dari sebelumnya menunjukkan bahwa akumulasi konveksi panas telah mencapai pada tingkat sebaran suhu tertinggi pada ruang pengering tersebut. Pada menit ke 360 tersebut pemanasan air di matikan sehingga selanjutnya air yang mengalir adalah air panas yang tidak aktif dipanaskan. Hasil menunjukkan pada menit ke 420 menunjukkan masih pada kisaran suhu 37 - 38°C.

Hasil penelitian dengan menggunakan grafik kurva pergerakan distribusi udara panas dalam ruang pengering ini sangat baik hasilnya serta menunjukkan kinerja keseragaman suhu dalam kinerja pengeringan bahan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang telah didapat dari penelitian menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada ruang pengering adalah 37°C sedangkan suhu luar pengering (suhu lingkungan) sebesar 22°C. Desain rak pada ruang pengering sudah cukup baik untuk melakukan proses pengeringan bahan, dimana untuk mengeringkan irisan singkong ketebalan 2 mm dari berat bahan 23 g menjadi 8 g dibutuhkan waktu 8-10 jam. Nilai *Moisture ratio* cenderung menurun apabila semakin lama proses pengeringan. Peningkatan suhu mempengaruhi penurunan *Moisture ratio* pada alat pengering aliran air panas dari *geothermal spring*. Penurunan nilai *Moisture ratio* dipengaruhi oleh penurunan kadar air bahan selama proses pengeringan. Sebaran pergerakan suhu yang terjadi pada ruang pengering saat awal proses pengeringan dimana suhu ruang bergerak turbulensi dari suhu 30,8 - 35,1°C. Pada saat proses pengeringan pergerakan distribusi panas menunjukkan fenomena aktif dari sumber panas konveksi dari sisi ruang pengering yang merupakan desain pemanas berbentuk spiral disekitar ruang pengering. Panas suhu konstan ada 36 – 38°C yang merupakan suhu terpanas yang hampir seragam pada ruang pengering. Dalam penelitian ini dapat ditunjukkan bahwa suatu proses pengeringan merupakan salah satu proses yang paling intensif energi, dimana penggunaan energi air panas dari sumber air panas *geothermal* muncul sebagai alternatif yang tidak mencemari untuk digunakan dalam proses pengeringan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Fakultas Pertanian yang telah memberikan dana penelitian melalui skema Penelitian Unggulan Fakultas Pertanian tahun 2023. Terimakasih pula kepada program MBKM asisten peneliti di Jurusan Teknologi Pertanian.

6. REFERENSI

- [1] A. P. dan D. W. Al-Kindi, H., "Analisis CFD Aliran Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang," vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2015.
- [2] I. A. Ramli, S. Yanto, and Jamaluddin, "Laju Pengeringan Gabah Menggunakan Pengering Tipe Efek Rumah Kaca (ERK)," J.

- Pendidik. Teknol. Pertan., vol. 3, pp. 158–164, 2017.
- [3] B. L. Sri Rezeky Meylani Nainggolan¹, Tamrin², Warji³, “Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Batch Skala Lab Untuk Pengeringan Gabah Dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam,” vol. 2, no. 3, pp. 161–172, 2013.
- [4] L. P. Mahardhika, S. P. Lestari, Y. Bow, S. Pengajar, T. Energi, and P. Negeri, “Rancang Bangun Alat Pengering Tipe Tray Dengan Media Udara Panas Ditinjau dari Lama Waktu Pengeringan Terhadap Exergi Pada Alat Heat Exchanger,” vol. 7, pp. 5–9, 2016.
- [5] Y. Yuwana, “Model Kurva dan Pendugaan Lama Waktu Pengeringan Tandan Kosong, Pelepah dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,” vol. 12, no. 1, pp. 16–28, 2018.
- [6] Marzona, “Performasi Mesin Pengering Jagung Tipe Vertikal Kontinyu dengan Aliran Udara Panas Berlawanan Skala Pilot,” *Fak. Teknol. Pangan dan Agroindustri Univ. Mataram*, pp. 1–23, 2014.
- [7] Nurdahlia, “Pengering Hybrid Tipe Rak,” *Fak. Teknol. Pangan dan Agroindustri Univ. Mataram*, pp. 1–15, 2015.
- [8] N. Asiah, R. Sembodo, and A. Prasetyaningum, “Aplikasi Metode Foam-Mat Drying pada Proses Pengeringan Spirulina,” *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 461–467, 2012.
- [9] H. A., Sitompul, & Sianturi, T. A. Interpolasi Data Berdimensi $d > 1$ dengan Fungsi Basis Radial (Radial Basis Function / RBF), *Jurnal Darma Agung*, 28(1), 1–7. 2020