

**PENGERINGAN BIJI PALA (*Myristica fragrans* Houtt) MENGGUNAKAN
ENERGI RADIASI MATAHARI DAN LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) DENGAN
BANTUAN ALAT PENERING**

Rizaldi Akbar Kaplale¹, Handry Rawung², Dedie Tooy²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas
Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado

²Dosen Program Studi Teknik pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas
Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado

Korespondensi email : Rizaldikaplale@gmail.com

ABSTRAK

Biji pala adalah komoditi yang sangat di kenal di Indonesia sehingga menjadikan biji pala sebagai rempah-rempah yang penting sejak masa lalu. Penelitian ini bertujuan menganalisis beberapa parameter pengeringan dalam proses pengeringan biji pala seperti suhu, kelembaban relatif, penurunan berat bahan, laju pengeringan, intensitas radiasi matahari dalam pengeringan menggunakan energi matahari dan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. suhu dalam alat pengering pada rak 1 berkisar 35.7°C - 59.2°C , rak 2 35.6°C - 58.4°C dan rak 3 33.6°C – 46.6°C sedangkan suhu lingkungan berkisar 30°C - 37°C. Kelembaban relatif lingkungan selama pengeringan adalah 60% - 88% dan dalam alat pengering adalah rak 1 25% - 66%, rak 2 23%-66% dan rak 3 26%-74%. Selama proses pengeringan terjadi penurunan kadar air dari 61.52% bk turun hingga rata-rata rak 1 34.32%, rak 2 33.34% dan rak 3 36.42%. Intensitas radiasi matahari tertinggi mencapai 872.25 watt/jam dan terendah 407,05 watt/jam. Pengeringan dengan menggunakan energi matahari dan LPG akan mempercepat proses pengeringan

Kata kunci : biji pala, pengering, LPG, energi matahari

ABSTRACT

Nutmeg seeds are a commodity that are well known in Indonesia, making nutmeg seeds as an important spice since the past. This study aims to analyze several drying parameters in the nutmeg drying process such as temperature, relative humidity, reduction in weight of the material, drying rate, intensity of solar radiation in drying using solar energy and LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). This research was conducted at the Agricultural Engineering Laboratory, Faculty of Agriculture at Sam Ratulangi University. This research uses descriptive method of temperature in the dryer on rack 1 ranges from 35.7°C - 59.2°C, rack 2: 35.6°C - 58.4°C and rack 3: 33.6°C - 46.6°C while the ambient temperature from 30°C - 37°C. The relative humidity of the environment during drying is 60% - 88% and in the dryer is, rack 1: 25% - 66%, rack 2: 23% - 66%, and rack 3: 26%-74%. During the drying process there is a decrease in water content from 61.52% bk dropped to an averange rack 1: 34.32%, rack 2: 33.34% and rack 3: 36.42%. The highest intensity of solar radiation reaches is 872.25 watts/hour and the lowest is 407.05 watts/hour. Drying using solar energy and LPG will speed up the drying process.

Key words: nutmeg, dryer, LPG, solar energy

PENDAHULUAN

Tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan salah satu tanaman asli Indonesia yang sangat potensial sebagai komoditas perdagangan di dalam dan luar negeri. Sudah sejak lama tanaman pala dikenal sebagai tanaman rempah – rempah dan mempunyai kedudukan penting sumber minyak atsiri yang sangat dibutuhkan dalam berbagai industri, seperti industri makanan, obat-obatan, parfum, kosmetik, dan lain – lain (Rukmana, 2004).

Indonesia sebagai penghasil pala terbesar di dunia memasok sekitar 66-77% pasar dunia. Sebagian besar perkebunan pala di Indonesia (99,75%) di budidayakan oleh perkebunan rakyat atau petani kecil, Berdasarkan data rata-rata produksi pala Indonesia tahun 2012-2016 sentra produksi pala di Indonesia terdapat di 5 provinsi, yaitu Maluku Utara, Maluku, Aceh, Sulawesi Utara dan Papua Barat. Kelima provinsi tersebut memberikan kontribusi kumulatif sebesar 86,71%. Aceh menempati urutan pertama dengan kontribusi sebesar 25,46% per tahun, Peringkat kedua ditempati oleh Maluku Utara dengan kontribusi sebesar 19,89% per tahun, diikuti oleh Sulawesi Utara, Maluku dan Papua Barat dengan kontribusi masing-masing sebesar 14,79%, 14,65% dan 11,93% sedangkan kontribusi produksi dari provinsi lainnya sebesar 13,29%. (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017)

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan, tercatat terjadi penurunan nilai ekspor biji pala Indonesia dalam kurun waktu 2011-2015. Hal ini disebabkan biji pala banyak tercemar alfatoksin.

Salah satu cara untuk mengatasi serangan aflatoksin yang disebabkan oleh jamur *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus* *Aspergillus spp* adalah dengan mengeringkan biji pala. Pengerinan bertujuan mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikro organisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Tetapi Saat ini pengerinan di tingkat petani dilakukan dengan cara menjemur langsung dibawah sinar matahari. Kebutuhan tempat pengerinan dengan sistem penjemuran dengan sinar matahari memerlukan tempat yang luas, waktu pengerinan yang relatif lama, tingkat kebersihan yang tidak terjamin, tidak terlindungi dari hujan, dihindangi ataupun

dirasuki oleh serangga, tikus, maupun binatang lainnya merupakan kelemahan yang terdapat pada pengerinan menggunakan energi matahari di tempat terbuka.

Kasim (2017), telah melakukan pengerinan buatan dengan energi gas LPG. Dimana pengerinan dilakukan selama 12 jam dan suhu udara dalam alat pengerin berkisar 32 °C – 54,2 °C, dimana kadar air turun sampai mencapai rata-rata rak 1 6,54%, rak 2 8,28% dan rak 3 9,70%. Selama pengerinan total energi gas yang dipakai untuk mengeringkan biji pala adalah 3,5kg gas LPG

Penelitian ini dibuat untuk mengkombinasikan energi gas dengan matahari dengan menggunakan alat pengerin model kotak tipe rak. Penelitian ini dibatasi hanya pada proses pengerinan biji pala dengan tempurung tanpa fuli dan menambahkan energi sinar matahari dalam proses pengerinan. Selain manfaat utama yaitu mengurangi penggunaan energi konvensional (bahan bakar fosil), terdapat beberapa keuntungan lain dari penggunaan pengerin matahari Pada sebagian daerah pedesaan, bahan bakar fosil masih cukup langka dan mahal akibat sulitnya transportasi dari pusat-pusat distribusi. Ketersediaan energi matahari di kebanyakan daerah di wilayah tropis merupakan potensi yang sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk mensubstitusi sumber energi tersebut (Abdullah, 2007)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi yang dimulai pada akhir Agustus dan pengambilan datanya berakhir awal November 2017.

Alat yang digunakan adalah Alat pengerin model kotak tipe rak, Timbangan ohaus, Termometer, Meteran, Desikator, Kompor, Termos, LPG (Liquefied Petroleum Gas) dan Alat tulis menulis, dan Bahan yang digunakan adalah biji buah pala dengan umur panen 6 – 7 bulan yang diambil dari Desa Koha, Kec. Mandolang, Kabupaten Minahasa Induk.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Data pengamatan yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel kemudian digambarkan dalam bentuk grafik lalu dianalisis dan dibahas

Prosedus Penelitian

1. Persiapan Penelitian

- Membersihkan alat dan meletakkannya di tempat yang sesuai
- Dibuat wadah untuk tempat sampel.
- Berat setiap wadah sampel pengeringan di timbang.
- Bahan biji pala yang sudah di siapkan di masukan ke dalam wadah
- Wadah sample yang sudah berisikan bahan biji pala di timbang kembali
- Komponen-komponen alat yang di pakai selama pengeringan dipasang dan diletakan pada tempatnya.
- Wadah dan sampel yang sudah ditimbang dimasukan ke dalam alat pengering dan pengeringan dimulai dengan menggunakan dua energi yaitu energi matahari dan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*).

2. Tahap Penelitian.

- Penelitian dimulai pada jam 08.00 WITA dimana penelitian dimulai dengan menggunakan energi matahari selama matahari bersinar dan penelitian akan dilanjutkan dengan menggunakan energi gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) setelah matahari sudah tidak bersinar
- Pengamatan suhu pada termokopel, thermometer, dan sling psikometer dilakukan setiap jam sekali selama proses pengeringan
- Pengamatan penurunan berat bahan dilakukan dengan mengeluarkan sample bahan dari dalam alat pengering kemudian ditimbang. Penimbangan ini dilakukan sampai kadar air mencapai dibawah 10% bb.

Variabel yang diamati

- Suhu
- Kelembaban relatif
- Kadar air
- Laju pengeringan
- Penurunan berat bahan
- Radiasi Matahari

Variabel yang dianalisis

a. Suhu

Data suhu yang diperoleh dari pengamatan disusun dalam bentuk tabel kemudian digambarkan dalam bentuk grafik lalu dianalisis.

b. Kelembaban Relatif

Data kelembaban diperoleh dengan cara memplot suhu bola kering dan suhu bola basah pada grafik *Psychrometric Chart* kemudian diperoleh grafik kelembaban relatif lalu dianalisa.

c. Kadar Air

Kadar air dalam penelitian ini di ukur dengan metode oven kemudian di lanjutkan dengan pengukuran malalui penimbangan untuk mendapatkan penurunan berat kemudian dianalisis dengan menghitung kadar air dengan rumus

- Kadar air basis kering dihitung menggunakan rumus :

$$m = \frac{W_m}{W_d} \times 100\%$$

- Kadar air basis basah dihitung menggunakan rumus

$$m = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100\%$$

dimana :

- m = kadar air (%)
- W_m = berat air dalam bahan (g)
- W_d = berat bahan kering (g)

d. Laju Pengeringan

Laju pengeringan diukur dengan rumus :

$$\frac{dm}{d\theta} = \frac{m_1 - m_2}{d\theta}$$

(3)

Dimana :

- $\frac{dm}{d\theta}$ = laju pengeringan
- m_1 = berat air awal pengeringan (g)
- m_2 = berat air pada saat tertentu (g)
- $d\theta$ = waktu pengeringan (jam)

e. Penurunan kadar air

Penurunan kadar air ini dianalisis dari selisih data pengamatan penurunan berat selama proses pengeringan. Setelah data diperoleh, data disusun dalam bentuk tabel kemudian digambarkan dalam bentuk grafik lalu di analisi.

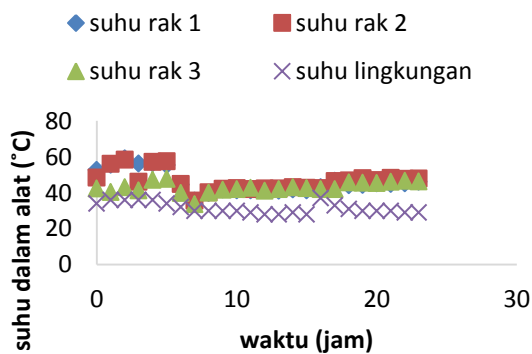
f. Radiasi Matahari

Radiasi matahari diukur dengan menggunakan *pyranometer* sederhana berupa termos air, sehingga data yang diperoleh berupa suhu air didalam termos. Data tersebut dihitung dengan menggunakan rumus Radiasi = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$) x panas jenis air ($\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$) x massa air (kg) per waktu yang diperlukan untuk perubahan suhu (menit). Sehingga diperoleh Iradiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Udara Pengeriing

Hasil pengamatan dalam proses pengeringan ini yaitu untuk pengeringan yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi panas diperoleh hasil pengamatan suhu udara dari awal pengamatan sampai pengamatan ke 7 diperoleh hasil suhu udara pada rak pertama tertinggi 59,2°C dan terendah 35,5°C. kemudian pada rak kedua diamati dengan hasil pengamatan suhu udara tertinggi 58,5°C dan terendah 35,5°C sedangkan untuk rak ketiga diperoleh hasil pengamatan suhu udara tertinggi 47,8°C dan terendah 33,5°C. Dimana rata-rata suhu udara selama pengeringan menggunakan sinar matahari rak 1 52°C, rak 2 50,5°C dan rak 3 41,97°C. Dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Lingkungan (°C) Dan Suhu (°C) dalam Alat Pegering selama proses pengeringan

Pada gambar 4 grafik suhu udara dalam alat pengering menggunakan sinar matahari sangat tinggi dikarenakan intensitas radiasi matahari yang masuk ke dalam alat pengering dalam gelombang elektromagnetik pendek menembus dinding transparan untuk kemudian diserap oleh kolektor. Warna hitam pada kolektor memiliki sifat absorpsi terhadap radiasi yang lebih besar sehingga sebagian besar radias matahari akan diserap. Penyerapan radiasi ini akan membuat suhu kolektor menjadi tinggi. Radiasi panas akan dipantulkan kembali tetapi dalam bentuk gelombang elektromagnetik panjang. Kebanyakan bahan transparan akan memiliki sifat optik terhadap radiasi gelombang panjang dan oleh karena itu sebagian radiasi gelombang panjang ini

dipantulkan kembali oleh bahan transparan menuju kolektor. Sebagian radiasi yang dipantulkan tersebut akan diserap kembali dan sisanya akan mengalami proses yang sama yaitu sebagian dipantulkan kembali ke kolektor. Dengan demikian, kehilangan panas akibat radiasi menjadi minimal dengan menggunakan kolektor. Selain itu, penutup transparan juga berfungsi sebagai penahan kehilangan panas yang dibawa oleh udara di atas kolektor menuju lingkungan. (Hollands,1965).

Dari tiga rak pengeringan di dalam alat pengering terlihat bahwa rak ke dua menampilkan grafik yang berbeda dengan 2 rak yang lain dimana pada jam ke 3 kondisi suhu turun cukup ekstrim kemudian pada jam ke 4 dan ke 5 suhu naik melampaui suhu di rak 1. Hal ini disebabkan oleh radiasi sinar matahari yang berada tepat di atas alat pengering dan tidak terhalangi oleh awan sehingga suhu pada rak kedua menurun dan suhu rak pertama tidak memiliki perubahan yang signifikan, dan pada jam ke 4 dan 5 suhu pada rak 2 dan 3 mulai naik karena sudah terkena radiasi sinar matahari.

Selanjutnya proses pengeringan dilanjutkan dengan sumber energi panas menggunakan energi dari kompor dengan gas LPG sebagai sumber energi. Setelah dirata-ratakan data tersebut diperoleh hasil untuk penggunaan gas sebagai sumber energi pada tahap pertama adalah rak pertama 41,275 °C, rak kedua 42,2125 °C dan rak ketiga 41,95 °C

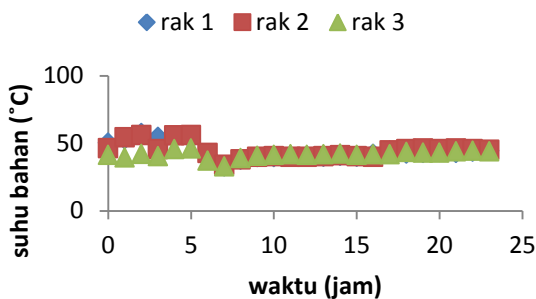
Setelah itu proses pengeringan dilanjutkan dengan energi sinar matahari yang hanya berlangsung 2 jam karena cuaca tidak memungkinkan untuk dilanjutkan proses pengeringan menggunakan sinar matahari. rata-rata suhu udara pengering rak satu 44,9 °C, rak dua 44,5°C dan rak tiga 42,1 °C selama 2 jam pengeringan menggunakan sinar matahari. Karena cuaca sudah mendung dan hujan maka proses pengeringan dilanjutkan lagi dengan pengeringan menggunakan sumber energi menggunakan gas melalui kompor. Hasil yang diperoleh tercatat bahwa suhu rata-rata rak satu 45,24 °C, rak dua 47,6333 °C dan rak tiga 45,9667 °C selama proses menggunakan gas LPG.

Sebagai perbandingan, Losir (2015) juga pernah meneliti pengeringan dengan energi surya dimana suhu tertinggi mencapai 57 °C dan Kakamole (2013) mendapatkan suhu teritinggi 53°C. Suhu udara rata-rata

siang hari yang dapat pada Percobaan 1 adalah $43,45^{\circ}\text{C}$ dari kisaran suhu $29,91^{\circ}\text{C} - 58,56^{\circ}\text{C}$ dan Percobaan 2 sebesar $43,06^{\circ}\text{C}$ dari kisaran suhu $32,22^{\circ}\text{C} - 55,82^{\circ}\text{C}$ (Wijaya, 2007). Artinya, selama suhu udara pengering masih berada pada kisaran $40^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$ maka tidak akan terjadi pengeringan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan *case hardening* pada produk hasil pengeringan.

Suhu Bahan

Dari proses pengeringan dalam penelitian ini juga diamati suhu bahan selama pengeringan. Suhu bahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Grafik perubahan suhu bahan selama proses pengeringan

Dilihat dari gambar 5 selama proses pengeringan berlangsung maka terlihat bahwa suhu bahan pada 7 jam pertama dengan menggunakan energi dari sinar matahari mengalami fluktuasi dikarenakan panas yang dihasilkan oleh sinar matahari menghasilkan suhu yang tinggi pada siang hari dan pada sore hari intensitas radiasi matahari sudah mulai menurun. Pada proses pengeringan 7 jam menggunakan sinar matahari diamati suhu bahan rata-rata tertinggi pada rak pertama $57,33^{\circ}\text{C}$ dan terendah $32,66^{\circ}\text{C}$, pada rak kedua suhu tertinggi mencapai 56°C dan terendah mencapai 34°C dan pada rak ke tiga suhu tertinggi $45,66^{\circ}\text{C}$ dan terendah $32,66^{\circ}\text{C}$. Terlihat setelah 7 jam pengeringan menggunakan sinar matahari.

Selanjutnya pengeringan dilanjutkan dengan menggunakan sumber energi gas karena waktu penyinaran matahari sudah habis atau selesai karena waktu sudah melewati Jam 16.00 WITA. Waktu mulai pengeringan dengan energi gas dimulai pada jam 19.00 WITA. Dari gambar di atas terlihat bahwa proses pengeringan menggunakan gas sebagai sumber energi berlangsung selama 8 jam. Data

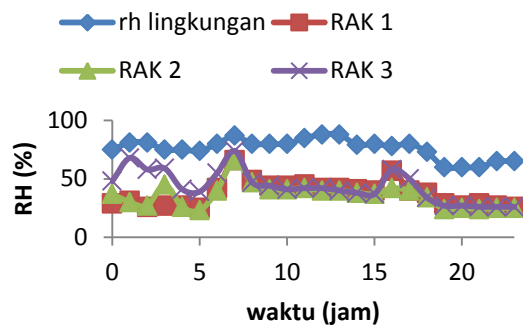
suhu yang terdeteksi oleh sensor termometer selama 8 jam tersebut menunjukkan bahwa 8 jam suhu bahan rak pertama paling tinggi $41,66^{\circ}\text{C}$ dan terendah $37,66^{\circ}\text{C}$, suhu bahan rak kedua tertinggi $40,33^{\circ}\text{C}$ dan terendah 38°C dan suhu bahan rak ke tiga tertinggi $41,66^{\circ}\text{C}$ dan terendah 39°C . Perbedaan terlihat bahwa menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dan gas LPG sebagai sumber energi berbeda antara suhu rak kesatu, rak kedua, dan rak ketiga. Berimpitnya grafik yang terbentuk pada pengeringan menggunakan gas disebabkan oleh laju udara panas masuk lebih cepat dibandingkan dengan laju aliran udara konveksi alami yang terjadi pada periode pengeringan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi.

Setelah 8 jam penggunaan gas sebagai sumber energi maka listrik mati dan blower tidak bisa digunakan sehingga konveksi paksa yang menggunakan kipas pendorong udara panas disekitar konfor tidak dapat dilakukan sehingga proses penelitian pun dihentikan sampai pada keesokan harinya. Keesokan harinya tanggal 19 Agustus 2017 di pagi hari tidak bisa dilakukan pengeringan karena hujan sehingga menunggu situasi menjadi cerah. Pada jam 13.00 WITA situasi sudah cerah dan proses pengeringan di lanjutkan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Tetapi hal yang di luar dugaan situasi cerah hanya terjadi selama 2 jam sesudah itu hujan lagi. Tetapi data yang diperoleh selama 2 jam proses pengeringan konveksi bebas terlihat pada gambar 8 dan grafik yang ada kecenderungan data suhu proses pengeringan pada rak kesatu, rak kedua dan rak ketiga terlihat sedikit terpisah sehingga menunjukkan bahwa proses pengeringan selama 2 jam yang berlangsung terjadi proses pengeringan konveksi alami menggunakan matahari sebagai sumber energi.

Proses pengeringan selanjutnya dilanjutkan pada jam 17.00 WITA menggunakan gas sebagai sumber energi. Data hasil pengeringan dicatat selama 6 jam kemudian di gambarkan dalam bentuk grafik. Selama 6 jam pengeringan menggunakan gas LPG suhu bahan pada rak satu berkisar $42,33^{\circ}\text{C} - 43,66^{\circ}\text{C}$, pada rak kedua $45^{\circ}\text{C} - 46^{\circ}\text{C}$ dan rak ke tiga berkisar $43^{\circ}\text{C} - 44,33^{\circ}\text{C}$. grafik yang terbentuk terlihat berfluktuasi tapi tetap berimpit sama dengan proses pengeringan konveksi paksa 8 jam sebelumnya menggunakan energi gas.

Kelembaban Relatif Udara Selama pengeringan

Kelembaban relatif dalam penelitian ini di dapat dari suhu bola basah dan suhu bola kering kemudian diplot pada kurva psikrometrik chart maka di peroleh data kelembaban. Setelah data kelembaban udara diplot dalam bentuk grafik maka diperoleh seperti gambar dibawah ini.

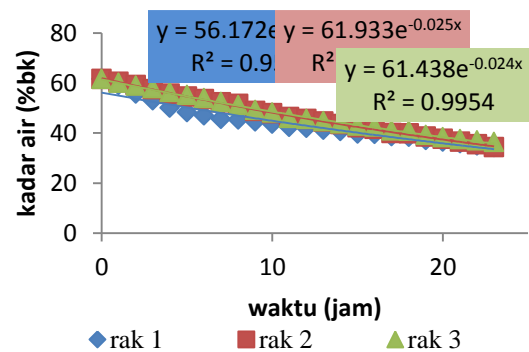


Gambar 6. Kelembaban Relatif selama proses pengeringan

Dari gambar 6 menunjukkan kelembaban relatif udara pengering di luar alat lebih besar dari pada udara pengering di dalam alat. Data kelembaban relatif udara lingkungan berkisar 60 - 88%, sedangkan kelembaban relatif udara di dalam alat pengering pada rak pertama berkisar 25 - 66 %, pada rak kedua berkisar 23 - 66% dan pada rak ketiga kelembaban relatif udara pengering berkisar 26 - 74%. Kelembaban pada proses pengeringan dengan menggunakan energi gas terjadi karena energi yang dihasilkan oleh gas LPG dibawa oleh kipas yang dibuka penuh untuk masuk secara paksa ke dalam ruang pengering untuk menyentuh bahan didalam ruang pengering. Perbedaan kelembaban udara di luar alat pengering dan di dalam alat pengering menciptakan ruang untuk berat air yang menguap dari dalam bahan lalu berpindah ke udara panging. Baik suhu maupun kelembaban relatif mempunyai pengaruh terhadap laju pengeringan, semakin tinggi suhu dan semakin rendah kelembaban relatif maka laju pengeringan semakin tinggi.

Hubungan Kadar Air Terhadap Waktu

Pada penelitian ini terdapat 9 sampel dalam tiga ulangan dimana setiap ulangan memiliki 3 sampel. Dalam penelitian ini penurunan kadar selama pengeringan dapat dilihat pada gambar berikut.

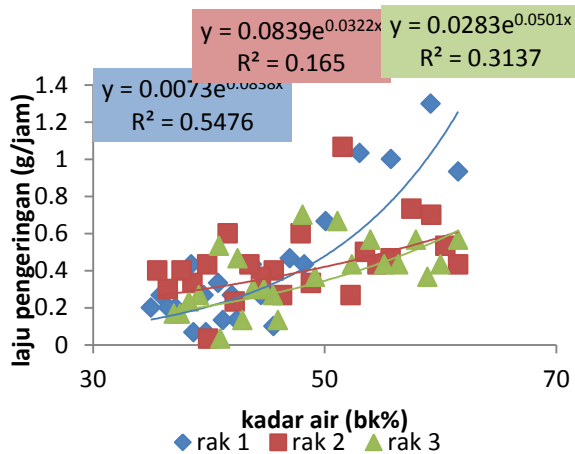


Gambar 7. Hubungan kadar air terhadap waktu selama proses pengeringan

Dari grafik diatas diperoleh bahwa penurunan kadar air bahan dari awal pengeringan sampai akhir pengeringan cenderung menurun. Kadar air bahan mengalami penurunan dimana kadar air awal sebesar 61,52% mengalami penurunan dimana untuk rata-rata rak ke satu menjadi 34,32% rak ke dua menjadi 34,34% dan rak ke tiga mengalami penurunan menjadi 36,42%, Penurunan ini berlangsung selama 23 jam. Penurunan kadar air ini akibat dari energi sinar matahari yang mengakibatkan suhu udara pengering menjadi panas sehingga mengakibatkan berpindahnya uap air dari permukaan biji pala ke udara pengering dalam alat dan lingkungannya, dan juga adanya udara panas yang di hasilkan dari energi gas LPG dan energi panas yang di hasilkan akan di hantarkan dengan blower ke dalam alat pengering .

Hubungan Laju Pengeringan Terhadap Kadar Air

Laju pengeringan yang tinggi pada awal-awal pengeringan adalah karena kandungan air bebas pada permukaan bahan masih tinggi. Air bebas pada bahan merupakan air mula-mula dan yang mudah diuapkan pada proses pengeringan. Sedangkan dengan bertambahnya waktu dan semakin keringnya bahan, yang tersisa adalah air terikat pada sel-sel bahan sehingga penurunan kadar air bahan semakin kecil dan akhirnya konstan (Mursalim, 2002). Pada penelitian ini laju pengeringan pada saat kadar air tinggi terlihat bahwa laju pengeringan pada rak satu atau rak paling atas memiliki laju pengeringan yang paling besar nilainya yaitu pada jam ke dua setelah proses pengeringan berlangsung yang diikuti oleh rak kedua dan rak ketiga.



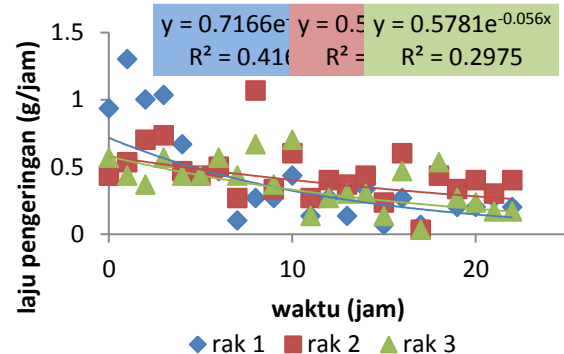
Gambar 8. Hubungan Laju pengeringan terhadap kadar air

Dari Gambar 8 menunjukkan laju pengeringan pada rak kedua saat pengeringan sudah berlangsung sembilan jam dimana laju pengeringan meningkat cukup tinggi dengan laju pengeringan 1,06 gr/jam. Fenomena ini terjadi setelah pergantian sumber energi dari menggunakan energi sinar matahari ke energi gas LPG dan setelah dua jam kemudian maka terjadi peningkatan laju pengeringan dan setelah itu situasi pengeringan berjalan terus dengan laju pengeringan berfluktuasi sampai akhir pengeringan. Khusus untuk rak ketiga laju pengeringan dari awal sampai akhir proses pengeringan terus berfluktuasi sampai akhir. Kadar air yang mendekati tingkat 100% akan berada dalam periode laju pengeringan tetap (Henderson dan Perry, 1976). Dalam penelitian ini kadar air tidak mendekati 100% Sehingga tidak di dapati laju pengeringan tetap dalam penelitian ini.

Laju pengeringan Terhadap Waktu

Untuk memperjelas grafik laju pengeringan maka laju pengeringan digambarkan sesuai dengan atau dapat dikatakan laju pengeringan terhadap waktu. Sebenarnya laju pengeringan terhadap kadar air dan laju pengeringan terhadap waktu membentuk grafik yang hampir sama untuk tiga rak bahan yang dikeringkan. Khusus untuk rak 1 di awal proses pengeringan terlihat bahwa laju pengeringan tinggi karena pengeringan biji pala di awal menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Kondisi ini mungkin terjadi karena sinar matahari mengenai secara langsung pada hamparan biji pala di rak satu sehingga jumlah air yang menguap berada pada posisi tertinggi. Setelah

itu laju pengeringan dari waktu ke waktu terus berfluktuasi sampai pada akhir pengeringan. Untuk lebih jelasnya kondisi laju pengeringan terhadap waktu dapat dilihat pada gambar dibawah.

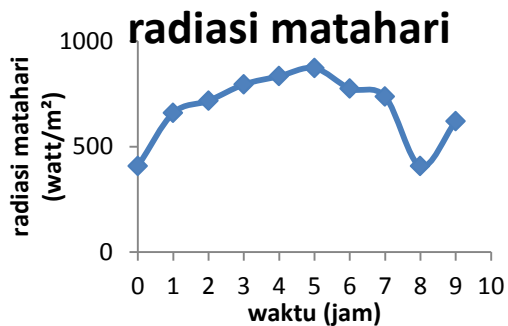


Gambar 9. Hubungan Laju pengeringan terhadap waktu

Dari Gambar 9 terlihat bahwa laju pengeringan pada rak kedua membentuk grafik yang cukup tinggi dan terus berfluktuasi sampai pada jam kedelapan. Tetapi pada saat pergantian energi dari sinar matahari ke gas LPG terjadi peningkatan laju pengeringan setelah 2 jam proses pengeringan menggunakan gas LPG, peningkatan terjadi pada jam ke Sembilan. Ada pun laju pengeringan pada rak 2 saat sebelas jam proses pengeringan meningkat menjadi 0,6%/jam dan setelah itu terus berfluktuasi sampai akhir pengeringan. Khusus untuk rak ke tiga laju pengeringan dari awal sampai akhir proses pengeringan terus berfluktuasi.

Intensitas Radiasi Matahari

Radiasi adalah pindah panas oleh radiasi gelombang elektro magnetik (M Zemansky dan R.Dittman,1982) menurut Giancolli, 1998 pindah panas radiasi merupakan proses pindah panas radiasi elektro magnetik dengan panjang gelombang tertentu akibat perbedaan temperatur yang melewati ruang dengan arah garis lurus. Pada proses pengeringan selama waktu 23 jam intensitas penyinaran matahari hanya terpakai selama 9 jam karena dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 sumber energi. Pada pengeringan ini rata-rata Intensitas radiasi matahari sebesar 682.285 watt/jam, dimana intensitas radiasi tertinggi mencapai 872.25 watt/jam dan terendah 407,05 watt/jam. Grafik intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 10. Intensitas radiasi matahari

Gambar 10 menunjukkan fluktuasi energi yang tersedia selama proses pengeringan. Fluktuasi energi ini disebabkan oleh perbedaan sudut yang terbentuk akibat sinar datang yang berbeda. Giancolli (1998) mengemukakan bahwa radiasi elektromagnetik berjalan dalam garis lurus dialirkan melalui tempat dan ruang hampa. Pada pengeringan dalam penelitian ini wadah piranometer sederhana diletakkan sejajar dengan permukaan tanah sedangkan radiasi matahari terpancar lurus tetapi posisi matahari berubah-ubah sesuai dengan waktu (Pagi, siang dan sore) selain itu awan juga ikut menentukan jumlah energi yang tersedia yaitu saat proses pengeringan berjalan dan tiba-tiba cuaca menjadi berawan menutupi matahari maka energi yang tersedia cenderung menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dalam proses pengeringan ini suhu udara pengering dengan menggunakan energi matahari lebih tinggi dan berfluktuasi dibandingkan dengan energi dari LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dimana suhu udara pengering dengan energi matahari tertinggi mencapai 59°C pada rak ke satu dan menggunakan energi dari gas mencapai 47,9°C pada rak ke 2.
2. Kelembaban relatif di luar alat pengering lebih tinggi dari pada kelembaban relatif dalam alat pengering dimana kelembaban relatif di luar alat pengering berkisar 60%-80%, di dalam alat pengering untuk rak pertama berkisar 25%-66%, rak kedua 23%-66% dan rak ketiga 26%-74%.
3. Penurunan kadar air dari awal pengeringan sampai akhir pengeringan cenderung menurun dengan stabil. Dimana kadar air awal 61,52% bk mengalami penurunan dimana untuk rata-

rata rak ke satu menjadi 34,32% bk rak ke dua menjadi 34,34% bk dan rak ke tiga mengalami penurunan menjadi 36,42% bk.

4. Rata-rata laju pengeringan rak 1 1,16 g/jam, rak 2 1,1635 g/jam dan rak 3 1,0720 g/jam. Dimana selama proses pengeringan terjadi penurunan kadar air dari 33,57% bb turun menjadi rata-rata rak 1 6,38%, rak 2 6,39% dan rak 3 8,48%. sedangkan basis kering untuk kadar air awal 61,52% turun hingga rata-rata rak 1 34,32%, rak 2 33,34% dan rak 3 36,42%

5. Intensitas radiasi matahari tertinggi mencapai 872,25 watt/jam pada jam 13:00 WITA dan terendah 407,05 watt/jam pada jam 08:00 WITA.

5.2 Saran

1. Diperlukan untuk menganalisa mutu biji pala yaitu mengukur kandungan aflatoxin yang berada di biji pala setelah dikeringkan menggunakan alat pengering kotak tipe rak
2. Diperlukan penelitian memodifikasi alat pengering di bagian lubang udara keluar agar lebih sempurna untuk meningkatkan proses pengeringan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 2007. Energi Terbarukan Untuk Mendukung Pembangunan Pertanian dan Perdesaan. IPB Press. Bogor.
- Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017, Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Pala. Jakarta..
- Douglas Giancolli, 1998. Fisika Jakarta
- Henderson, M. S. dan Perry, M. E. 1976. Agricultural Process Engineering. Third Edition. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA.
- Kasim, M. R., 2017. Uji Unjuk Kinerja Alat Pengering Tipe Rak Model Teta'17 Pada Pengeringan Biji Pala. Skripsi Prodi Teknik Pertanian. Manado.
- Kakomole, J. B. Karakteristik Pengeringan Biji Pala (*Mirystica Fragrans* H) Menggunakan Alat Pengering Energi

Surya Tipe Rak. Skripsi Prodi Teknik Pertanian. Manado.

K.G.T. Hollands, 1965, "Honeycomb device in flat-plate solar collector", *Solar Energy* 9, 159-W. R.L. San Martin and G.J.

Losir, P. 2015. Karakteristik Penjemuran Biji Pala (*Myristica fragrans Houtt*) di Kabupaten Halmahera Utara. Skripsi Prodi Teknik Pertanian. Manado.

Rukmana. 2004. Usaha Tani Pala.CV Aneka Ilmu. Semarang.