

PROTOTYPE ROTARY DRYER DENGAN BAHAN BAKAR BIOMASSA DITINJAU DARI PENGARUH VARIASI LAJU ALIR UDARA DAN DURASI WAKTU PENGERINGAN TERHADAP LAJU PENGERINGAN JAGUNG

PROTOTYPE ROTARY DRYER WITH BIOMASS FUELS REVIEWED FROM THE INFLUENCE OF AIR FLOW RATE AND DURATION OF DRYING TIME VARIATIONS ON CORN DRYING RATE

Sahrul Effendy^{*1}, Aida Syarif¹, Deli Kusuma Wardani^{*1}, Indah Amalia¹,

¹Teknik Energi / Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Srijaya Negara-Palembang 30139, (0711)353414/(0711)355918

e-mail : * sahrul_effendy@yahoo.co.id / delikusuma99@gmail.com

ABSTRACT

Rotary dryer are best suited for drying materials that are not easily broken and resistant to heat and require time for rapid drying. The drying process of corn kernels with rotary dryer by using biomass fuels becomes alternative to replace heat sources derived from the burning of fuel oil (BBM), as fuel prices tend to increase. While the availability of which decreased. The changed variable used is the air flow rate of the dryer air (3.5 m/s, 4 m/s, 4.5 m/s, 5 m/s and 5.5 m/s) and drying time (10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, and 30 minutes). The results showed that the moisture content of corn kernels was influenced by the drying air flow rate and the duration of drying time. The result of drying of corn kernels with the lowest water content is 9.66% achieved in the process conditions with drying air temperature 60°C with the air flow rate of the dryer air 5.5 m/s. Meanwhile, the highest rate of drying is 0.00307 kg/second. In testing the variation of drying time, the results of drying corn kernels with the lowest water content are 2.2% achieved at 30 minutes drying time and the highest drying rate was achieved at 30 minutes drying time, which was 0.002448 kg/s.

Keywords: Dryer, Biomass, Air Flow Rate, Drying Rate

1. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan (Treybal, 1981). Untuk pengeringan biji jagung dapat digunakan berbagai peralatan pengeringan. Selama ini, pengeringan biji jagung yang dilakukan oleh masyarakat masih menggunakan pengeringan dengan memanfaatkan sinar matahari. Namun, metode pengeringan dengan memanfaatkan sinar matahari memiliki beberapa kekurangan seperti memerlukan area yang cukup luas, waktu pengeringan yang cukup lama dan dapat terganggu apabila cuaca mendung ataupun yang dihasilkan tidak maksimal dan menyebabkan kerugian bagi industri tersebut hujan. Hal tersebut dapat menyebabkan proses produksi yang akan berhenti total maupun kualitas bahan pangan.

Rotary Dryer secara umum merupakan alat pengering yang berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau gasifier (Jumari dan Purwanto, 2005). Sebagai sumber panas pengering, digunakan panas yang berasal dari pembakaran biomassa dalam tungku. Penggunaan biomassa sebagai sumber panas dimaksudkan untuk menggantikan sumber panas yang berasal dari hasil pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM), akibat harga BBM yang cenderung meningkat sedangkan

ketersediaannya yang semakin menurun. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan prototipe inovasi peralatan pengeringan biji jagung *rotary dryer* yang bersumber panas pengering berasal dari pembakaran biomassa yang layak untuk diterapkan pada industri pengolahan biji jagung.

Melihat dari kondisi pengeringan yang kurang optimum maupun penggunaan bahan bakar fosil yang cukup mahal maka peneliti memilih peralatan pengering yang dapat menjadi alternatif untuk pengeringan bahan pangan tipe rotary dengan bahan bakar biomassa.

Rotary dryer paling cocok untuk mengeringkan material yang tidak mudah pecah dan tahan terhadap panas serta membutuhkan waktu untuk pengeringan yang cepat. *Rotary dryer* memiliki keunggulan diantaranya dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan, proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang merata, menghasilkan efisiensi panas tinggi dan kesinambungan operasi.

Prinsip kerja *rotary dryer* adalah mengeringkan produk yang umumnya berbentuk granular atau padatan di dalam silinder horizontal berputar yang dialiri udara panas untuk menguapkan air produk. Penggunaan silinder horizontal berputar dimaksudkan untuk memungkinkan aliran udara mengalir secara merata

melalui permukaan produk yang dikeringkan. Pada bagian dalam silinder pengering diberi sirip (*flight*) untuk memudahkan produk terbuka terhadap aliran udara pengering. Pada rotary dryer, pengeringan dilakukan dengan pemutaran berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah secara bergantian. Hal tersebut menyebabkan pengeringan yang dilakukan alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan serta mempercepat waktu pengeringan (Jumari dan Purwanto, 2005).

Adapun yang menjadi permasalahan pada penelitian ini adalah ingin mengetahui pengaruh variasi laju alir udara panas dan waktu pengeringan terhadap laju pengeringan dengan tujuan agar didapatkan kondisi laju alir udara panas optimum untuk proses pengeringan biji jagung.

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara 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).

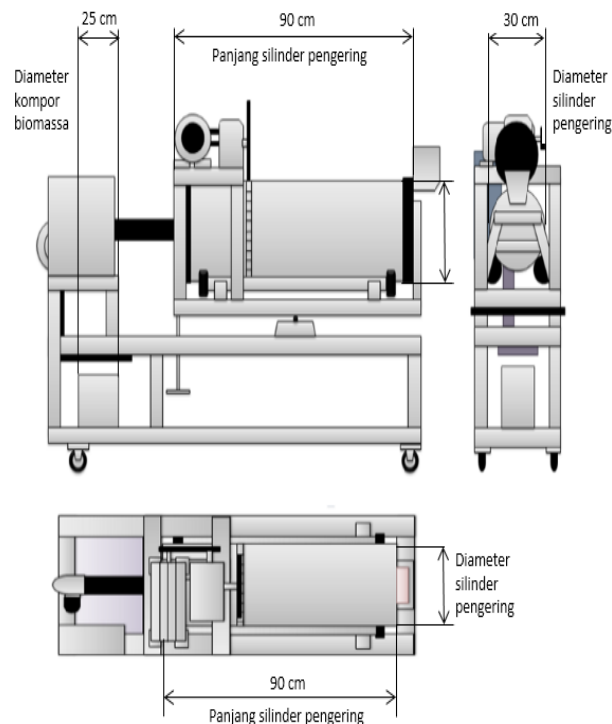
2. METODE

Waktu dan Tempat

Pada pengambilan data variasi laju alir udara yaitu 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 m/s dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa berat biji jagung 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-60°C, waktu pengeringan selama 30 menit dan putaran 15 rpm. Sedangkan, pada pengambilan data variasi waktu pengeringan yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa berat biji jagung 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-60°C, laju alir udara 3,5 m/s, putaran 15 rpm. Pada penelitian ini diperoleh data pengamatan berupa massa produk setelah pengeringan, temperatur udara pengering, temperatur udara keluar, temperatur bola basah, temperatur bola kering, temperatur material masuk dan temperatur material keluar untuk menentukan nilai humidity udara, serta menghitung kadar air, dan laju pengeringan. Data penelitian diambil saat penelitian berlangsung dimulai tanggal 25 Mei 2018 dan 28 Juni 2018 di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pendekatan Desain Struktural

Dalam pembuatan alat pengering dengan media udara panas ini perlu dilakukan suatu rancang bangun dari alat yang akan dibuat. Pada Gambar 1 dibawah ini dapat dilihat bentuk dari alat pengering yang dirancang.



Gambar 1. Desain rotary dryer

Prototype rotary dryer yang dibuat memiliki beberapa komponen yang memiliki fungsinya masing-masing, yaitu:

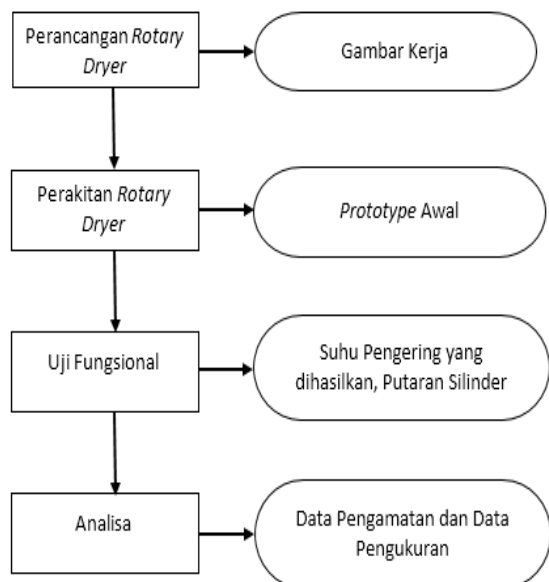
1. Silinder Pengering
Komponen utama dari rotary dryer yang berfungsi sebagai wadah atau tempat dari media yang akan dikeringkan. Silinder yang akan dibuat memiliki panjang 90 cm dan diameter 30 cm dengan desain dengan flight desain berbentuk spiral.
2. Motor Penggerak
Motor jenis AC 1hp, berfungsi sebagai penggerak tabung agar dapat berputar selama proses pengeringan bahan baku biomassa.
3. Blower
Blower berfungsi mengalirkan udara panas menuju silinder pengering.
4. Gearbox
Gearbox berfungsi sebagai pemindah tenaga penggerak motor listrik ke alat yang ingin digerakkan, gearbox juga berfungsi memperlambat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran motor listrik serta memperkuat tenaga.
5. Panel Kontrol
Panel Kontrol adalah alat untuk mengatur kondisi operasi proses pengeringan, yang meliputi pengaturan laju alir udara pengering dan kecepatan putaran silinder pengering.
6. Kompor Biomassa
Kompor biomassa merupakan alat yang digunakan untuk melakukan mixing antara udara dan bahan bakar biomassa sehingga dihasilkan pembakaran yang menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memanaskan udara pada heat exchanger.

Pendekatan Desain Fungsional

Secara umum rancangan ini memiliki beberapa komponen yaitu kompor biomassa, blower, silinder pengering, dan motor penggerak. Kompor biomassa dipasang dibawah *heat exchanger*. Panas yang dihasilkan oleh kompor biomassa akan digunakan untuk memanaskan udara pada *heat exchanger*. Lalu udara panas akan dihisap oleh blower dan dialirkan menuju silinder pengering. Laju alir udara panas pada blower dapat diatur dan divariasikan. Silinder pengering memiliki panjang 90 cm dan diameter 30 cm. Silinder pengering akan digerakkan oleh motor penggerak agar silinder dapat berputar. Putaran yang dihasilkan motor akan diperlambat oleh *gearbox*. Silinder pengering didesain dengan sudut kemiringan 0–5°, berdasarkan literatur kemiringan yang diizinkan adalah 0–5°. Selain itu temperatur pada silinder dapat diatur dengan memasang alat termokopel. Silinder pengering ini memiliki kapasitas 5 kg/jam yang berlangsung secara batch.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi rancang bangun alat dan pengambilan data. Adapun alat yang dibutuhkan untuk penelitian pada rancang bangun *rotary dryer* dengan media udara panas yang bersumber dari panas pembakaran tempurung kelapa pada kompor biomassa meliputi seperangkat *rotary dryer*, alat ukur *thermogun* dan anemometer, sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian antara lain biji jagung sebagai bahan yang akan dikeringkan, dan tempurung kelapa sebagai bahan bakar yang digunakan. Adapun prosedur penelitian dijelaskan melalui flow diagram pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dalam penelitian pengeringan biji jagung dengan menggunakan *rotary dryer* dengan bahan bakar biomassa. Sistem pemanasan pada pengering ini dilakukan secara tidak langsung, yaitu dengan memanfaatkan udara panas pengeringan yang dihasilkan dalam tungku pembakaran biomassa. Udara panas tersebut kemudian dialirkan ke dalam ruang pengeringan. Sistem pemanasan secara tidak langsung dapat mencegah terjadinya kontaminasi bahan biji jagung yang dikeringkan.

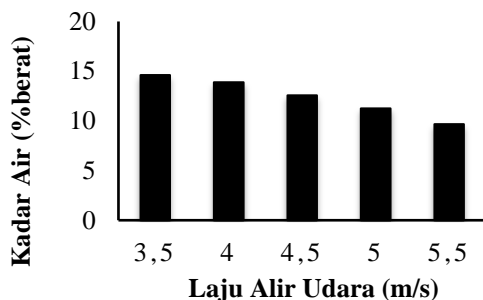
Udara panas yang dihisap melalui unit blower kemudian dihembuskan masuk ke dalam ruang pengering berlawanan arah (*counter-current*) dengan input bahan basah. Biji jagung yang dikeringkan akan kontak langsung dengan udara panas, sehingga air dalam biji jagung yang berada dalam fase cair akan meningkat suhunya dan akan berdifusi ke permukaan bahan. Selanjutnya air menguap (evaporasi) dan akan terbawa oleh udara kering keluar dari ruang pengeringan dalam keadaan yang lebih jenuh (*saturated*).

Proses pengeringan biji jagung yang akan dilakukan bertujuan untuk menurunkan kadar biji jagung hingga mencapai kadar air 14% berdasarkan berat basah. Proses pengeringan ini dilakukan dengan variasi laju alir udara yaitu 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 m/s dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa berat biji jagung 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-60°C, waktu pengeringan selama 30 menit dan putaran 15 rpm serta variasi waktu pengeringan yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Pada variasi waktu, variabel tetap yang digunakan yaitu berat biji jagung 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-60°C, laju alir udara 3,5 m/s dan putaran 15 rpm.

Pembahasan

Pengaruh variasi laju alir udara terhadap penurunan kadar air

Kecepatan pengeringan dari suatu bahan adalah banyaknya kandungan air yang dapat dipindahkan dan diuapkan tiap satuan waktu pengeringan (Richey dkk., 1961). Kurva hubungan antara laju alir udara pengeringan dengan persen penurunan kadar air jagung pada percobaan pertama sampai kelima dapat dilihat pada Gambar 3.



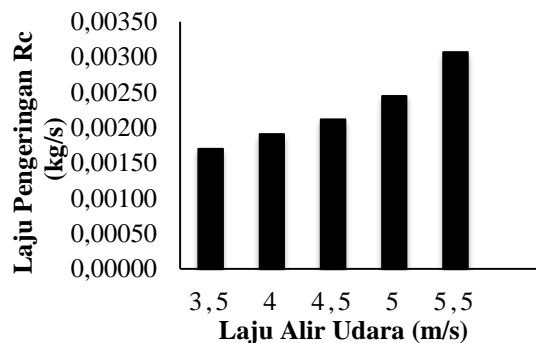
Gambar 3. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap persen kadar air jagung

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa persen penurunan kadar air biji jagung berbanding terbalik terhadap laju alir udara. Semakin besar jumlah laju alir udara, maka laju penurunan kadar air biji jagung semakin besar. Proses transfer massa pada proses pengeringan dipengaruhi oleh transfer momentum yaitu laju alir udara pengering. Perubahan laju alir udara pengering merupakan proses transfer momentum yang berpengaruh terhadap kecepatan difusi panas dari udara ke dalam molekul bahan sehingga meningkatkan temperatur molekul di dalam bahan. Peningkatan temperatur di dalam molekul air menyebabkan tahanan uap air di dalam molekul bahan (Dan dkk., 2009). Berdasarkan hasil percobaan untuk variasi laju alir udara dari blower yaitu 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 m/s dengan variabel tetap berupa berat biji jagung 5kg, waktu 30 menit, temperatur dijaga kisaran 52-60°C dan putaran 15rpm. Setelah mengalami proses pengeringan maka diperoleh massa akhir biji jagung masing-masing secara berurutan 4,76; 4,72; 4,65; 4,58; dan 4,50 kg. Dari data tersebut, dilakukan perhitungan didapat hasil penurunan kadar air biji jagung masing-masing secara berurutan 14,59; 13,87; 12,57; 11,24; dan 9,66%. Hal ini menunjukkan bahwa persen kadar air yang mendekati nilai mutu kadar air biji jagung (14%) berada pada laju alir udara antara 4 m/s.

Bertambahnya laju alir udara pengering akan meningkatkan difusi panas udara ke dalam butiran-butiran umpan sehingga meningkatkan jumlah air yang dapat diuapkan. Hal ini ini dapat dilihat pada laju alir udara pengering 5,5 m/s yang memiliki kadar air terendah pada setiap variabel suhu yang sama.

Pengaruh laju alir udara pengeringan terhadap laju pengeringan

Kurva hubungan antara laju alir udara pengering dengan laju pengeringan pada variasi laju alir udara 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 m/s dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap laju pengeringan

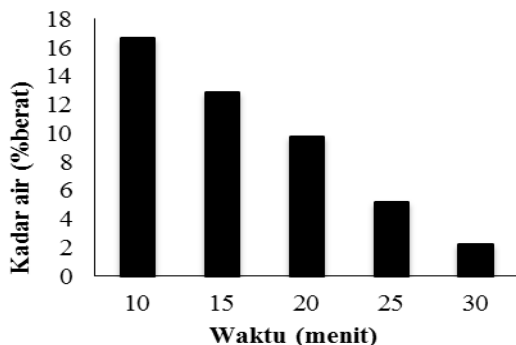
Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa laju alir udara sangat berpengaruh terhadap proses pengeringan. Besarnya nilai laju pengeringan pada *rotary dryer* berbanding lurus terhadap laju alir udara. Berdasarkan hasil percobaan untuk variasi laju alir udara dari blower yaitu 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 m/s dengan variabel tetap berupa berat biji jagung 5kg, waktu 30 menit, temperatur dijaga kisaran 52-60°C dan putaran 15 rpm. Setelah mengalami proses pengeringan maka diperoleh nilai *humidity* secara berurutan 0,0178; 0,0180; 0,0275; 0,0285; dan 0,0290 kg H₂O/kg udara kering. Dari data tersebut, dilakukan perhitungan sehingga didapat nilai laju pengeringan biji jagung masing-masing secara berurutan 0,00170; 0,00191; 0,00212; 0,00245; dan 0,00307 kg/s. Hal ini menunjukkan bahwa nilai laju pengeringan yang paling tinggi berada pada laju alir udara 5,5 m/s yaitu 0,00307 kg/s. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Mulyono dan Ruanda (2013), yang menyatakan bahwa volume udara yang mengalir maka akan semakin besar kemampuannya dalam membawa dan menampung air dari permukaan bahan dan proses pengeringan pun menjadi lebih cepat. Oleh karena itu semakin besar laju alir udara pengering, maka nilai laju pengeringan semakin besar.

Pengaruh variasi waktu pengeringan terhadap penurunan kadar air

Penurunan kandungan kadar air yang terjadi pada biji jagung sangat di pengaruhi oleh pengeringan yang dilakukan. Semakin lama waktu pengeringan yang diberikan maka semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi pada biji jagung.

Pada penurunan kandungan kadar air biji jagung ini dilakukan variasi lama waktu pengeringan dan pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk mengetahui persentase (%) dari kadar air sisa dalam biji jagung setelah pengeringan. Kadar air biji jagung dalam kondisi basah sebesar 18,83% dan setelah dikeringkan menjadi 2,2%. Biji jagung yang siap diperdagangkan adalah biji jagung yang sudah di keringkan, kadar airnya sebesar $\leq 14\%$ sesuai standar SNI 01-03920-1995. Kecepatan pengeringan dari suatu bahan adalah banyaknya kandungan air yang dapat dipindahkan atau diuapkan tiap satuan waktu pengeringan (Richey dkk., 1961).

Di bawah ini grafik hubungan antara waktu pengeringan dengan penurunan kadar air biji jagung pada percobaan pertama sampai kelima dapat dilihat pada Gambar 5.

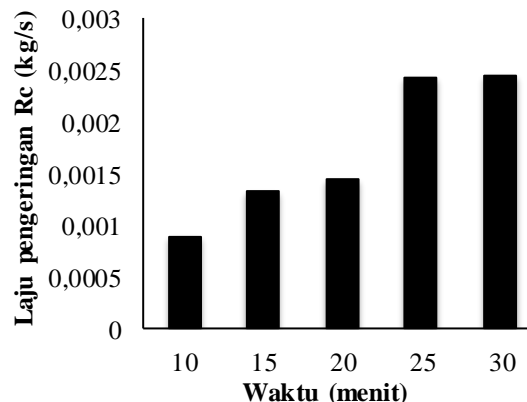


Gambar 5. Grafik pengaruh waktu pengeringan terhadap kadar air jagung

Dari Gambar 5 tersebut dapat dilihat bahwa hasil penurunan kadar air yang terdapat dalam bahan biji jagung tersebut mengalami pengurangan kadar air yang signifikan. Berdasarkan hasil percobaan untuk variasi waktu pengeringan yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit dengan variabel tetap berupa berat biji jagung 5 kg, temperatur dijaga berkisar 52-62°C dan putaran 15 rpm. Setelah mengalami proses pengeringan maka diperoleh massa akhir biji jagung masing-masing 4,88; 4,65; 4,41; 4,28; dan 4,15 kg. Dari data tersebut, dilakukan perhitungan dan didapat hasil penurunan kadar air biji jagung masing-masing secara berurutan 16,69; 12,90; 9,75; 5,18; dan 2,2%. Berdasarkan jumlah kadar air yang diperbolehkan untuk biji Jagung kering yaitu $\leq 14\%$ sesuai standar SNI 01-03920-1995, maka waktu optimal berdasarkan standar SNI pada proses pengeringan biji jagung ini pada rentang waktu 15 hingga 30 menit, dengan kadar air terendah pada waktu 30 menit yaitu sebesar 2,2%. Waktu pengeringan memiliki pengaruh terhadap proses pengeringan semakin lama proses pengeringan yang terjadi, maka akan semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi saat pengeringan dilakukan pada alat pengering putar. Waktu pengeringan yang lama akan mengakibatkan kontak antara biji jagung dengan udara panas semakin lama sehingga kadar air yang menguap akan semakin besar (Mc Cabe, 1985).

Pengaruh variasi waktu pengeringan terhadap laju pengeringan

Laju pengeringan menentukan waktu untuk menurunkan kadar air produk sampai kadar air yang diinginkan. Pengeringan biji jagung dalam percobaan ini dilakukan sebanyak lima kali dengan variasi waktu yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan laju pengeringan selama proses pengeringan mengalami kenaikan, yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh waktu pengeringan terhadap laju pengeringan

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa besarnya laju pengeringan pada pengering putar yang dihasilkan bervariasi. Berdasarkan hasil percobaan untuk variasi waktu pengeringan yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Dengan variabel tetap berupa berat biji jagung optimal yaitu 5 kg, temperatur dijaga kisaran 52-62°C dan putaran 15 rpm. Diperoleh nilai humidity secara berurutan 0,0604; 0,06033; 0,06027; 0,05993; dan 0,05993 kg H₂O/kg udara kering. Dari data tersebut, dilakukan perhitungan sehingga didapat nilai laju pengeringan biji jagung masing-masing secara berurutan 0,00089; 0,001342; 0,001451; 0,002446; dan 0,002448 kg/s. Hal ini menunjukkan bahwa nilai laju pengeringan yang paling tinggi berada pada menit ke-30 yaitu 0,002448 kg/s. Proses pengeringan dipengaruhi oleh kandungan kebasahan, sehingga laju pengeringan yang terjadi pada kondisi ini konstan. Pada keadaan mendekati konstan apabila proses pengeringan terus dilanjutkan maka akan memungkinkan terjadinya laju pengeringan periode menurun, dengan berkurangnya kandungan kebasahan, periode laju-konstan akan berakhir pada suatu kandungan kebasahan tertentu dan dalam pengeringan selanjutnya laju tersebut akan berkurang dan akhirnya bila bahan tersebut telah mencapai kandungan kebasahan kesetimbangan (Geankoplis, 1993).

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisa data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal untuk pengeringan biji jagung kapasitas 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-60°C, waktu pengeringan 30 menit dan putaran 15 rpm berada pada laju alir udara 4 m/s dengan persen kadar air biji jagung 13,87%. Sedangkan, laju pengeringan yang optimum pada pengujian dengan variabel kapasitas 5 kg biji jagung, temperatur pengeringan 52-60°C, waktu pengeringan 30 menit dan putaran 15 rpm dan laju alir udara 5,5 m/s sebesar 0,00307 kg/s.

Pada pengujian pengaruh variasi waktu pengeringan terhadap penurunan kadar air didapatkan kondisi optimal untuk pengeringan biji jagung kapasitas 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-62°C, laju alir udara 3,5 m/s, putaran 15 rpm berada pada waktu pengeringan 15 menit yaitu 12,90%. Sedangkan, pada pengujian pengaruh variasi waktu pengeringan terhadap laju pengeringan didapatkan kondisi optimal untuk pengeringan biji jagung kapasitas 5 kg, temperatur pengeringan pada rentang 52-62°C, laju alir udara 3,5 m/s, putaran 15 rpm berada pada waktu pengeringan 30 menit sebesar 0,002448 kg/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Dan, E.D., Dana, M.S., John, M.B., J.R. dan Ron, A.B. 2009. *A Model-Based Methodology for Spray-Drying Process Development*. J Pharm Innov 4:133-142.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*". Prentice Hall International, Inc : New Jersey.
- Jumari, A dan Purwanto A. 2005. *Design Of Rotary Dryer For Improving The Quality Of Product Of Semi Organic Phosphate Fertilizer*, Jurusan Teknik Kimia F.T.UNS : Solo.
- McCabe, W.L. dan Smith, J.C. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 4th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore.
- Muarif. 2013. *Rancang Bangun Alat Pengering*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Mulyono, Djoko, Runanda, J.C., Ratnawati, R. dan Jaelani, M. 2013. *Pengeringan Gabah Menggunakan Zeolit 3a pada alat unggun terfluidisasi*, Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, vol. 2, No. 2.
- Richey, C.B., P. Jacobson dan C. W. Hall., 1961.. *Agricultural Engineering Hand Book*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Treybal, Robert E.1981. *Mass Transfer Operations*, 3th edition, Mc Graw Hill, Inc, New york.