

ANALISIS LAJU KONDENSASI AKIBAT PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS PADA OVEN PENGERING PATI SAGU KAPASITAS

Nicolas Titahelu¹, Samy J. Litolily²

E-mail: ¹titahelun@gmail.com, ²samyjunusl@yahoo.com

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Kampus Poka-Ambon, 97233, Indonesia

ABSTRAK

Analisis laju kondensasi akibat pengaruh kecepatan udara (V) terhadap karakteristik perpindahan panas oven pengering pati sagu telah diteliti dengan perpindahan panas konveksi paksa dan diaplikasikan untuk mendesain oven pengering pati sagu guna menjawab kebutuhan masyarakat yang selama ini menggunakan cara pengeringan tradisional. Model uji dimodifikasi dengan memberikan saluran udara masuk dan keluar agar bilangan Nusselt meningkat dengan masukan panas (Q^*) = 5.400 kJ/hr konstan. Penelitian eksperimen dilakukan dengan variasi kecepatan udara (V) = 0.7 s/d 1.0 m/s, untuk mengamati karakteristik perpindahan panas dan laju kondensasi. Karakterik perpindahan panas meningkat seiring dengan membesarnya kecepatan udara. Semakin besar kecepatan udara untuk (V) < 0.9 m/s, maka karakteristik perpindahan panas konveksi dan laju kondensasi semakin meningkat dengan gradient kenaikan besar, sedangkan untuk kecepatan udara (V) > 0.9 m/s karakteristik perpindahan panas dan laju kondensasi meningkat pula dengan gradient kenaikan kecil. Karakteristik perpindahan panas yakni bilangan Prandt (Pr) meningkat dari 0.6969 hingga 0.6974 atau meningkat sebesar 0.08%, bilangan Reynold (Re) meningkat dari 233667.092 hingga 34216.484 atau meningkat sebesar 6.83%, bilangan Nusselt (Nu) maningkat dari 762.576 hingga 1084.454 atau meningkat sebesar 29.68%, koefisien konveksi (h) meningkat dari 102.718 kJ/jam.m².K hingga 124 kJ/jam.m².K atau meningkat sebesar 17.16%, laju perpindahan panas konveksi (q_k) meingkat dari 12542.551 kJ/jam hingga 15395.773 kJ/jam atau meningkat sebesar 18.53%. Laju kondensasi meningkat dari 0.152 kg/hr-m hingga 0.171 kg/hr-m atau meningkat sebesar 11.11%.

Kata kunci : laju kondensasi, kecepatan udara, pati sagu, bilangan Nusselt, konveksi..

PENDAHULUAN

Sagu (*Metroxylon sp*) merupakan salah satu tanaman penghasil karbohidrat yang cukup potensial di Indonesia, dapat dimanfaatkan dalam upaya mengoptimalkan program diversifikasi pangan non-beras. Lebih dari 50% atau sekitar 1,1 juta ha diantaranya ada di Indonesia (Djoko Susato *et al.*, 1987 dalam Dirjen Bina Produksi Perkebunan Deptan RI, 2004). Pati sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan dan non-pangan, serta pati sagu dimanfaatkan dalam bentuk pati teroksidasi maupun pati terfosforilasi. Pemanfaatan pati sagu teroksidasi dalam berbagai industri diantaranya; industri kertas, dan industri tekstil, sedangkan pati sagu terfosforilasi dimanfaatkan dalam industri pangan, kertas, *adhesive*, tekstil, obat-obatan dan detergent (Widaningrum *at al.*, 2005). Seiring perkembangan teknologi pati sagu juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegrabel* (Rindengan *at al.*, 2003).

Umumnya teknologi pengolahan sagu menjadi pati sagu, di Indonesia masih dilakukan dengan cara tradisional termasuk di Maluku.

Proses pengolahan sagu meliputi; penebangan, ekstraksi empulur (penghancuran empulur), pelarutan pati, pemisahan pati sagu dan proses pengeringan. Biasanya pati sagu dikemas dalam tumang masih basah, maka penyimpanan hanya dapat dilakukan dalam beberapa hari, sehingga cendawan atau mikroba lainnya akan tumbuh yang menyebabkan tepung sagu berbau asam. Mutu pati sagu menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3729-1995, salah satunya adalah kadar air maksimum 13%.

Untuk mencapai kadar air yang diisyaratkan oleh SNI, maka melalui cara tradisional pati sagu dikeringkan dengan bantuan sinar matahari. Menurut Yuliasih (2009) proses pengeringan ini juga mempunyai kelebihan karena proses kerjanya mudah dan tidak menyulitkan, tetapi kelemahannya sangat tergantung pada cuaca atau musim.

Berbagai penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Purwani *et al.* (2006), pati sagu yang berkualitas baik dapat diperoleh melalui perlakuan panas basah (HMT/ Heat Moisture Treatment) yang mana membuat pati sagu menjadi lebih

stabil saat pemasakan. Perlakuan HMT merupakan salah satu modifikasi pati sago secara fisik dengan menggunakan kombinasi kelembaban dan temperatur. Selain itu Jading, *et al.* (2009) melakukan penelitian dengan alat pengering *cross flow fluidized bed* bertenaga surya dan biomassa mempunyai prinsip kerja sebagai berikut; udara pengering yang digunakan berasal dari kolektor surya dan pembakaran biomassa. Proses kerja dari alat ini adalah *bed* yang berada di dalam ruang pengering berfungsi untuk memutar pati sago hingga memisahkan pati yang sudah kering, sedangkan serat-serat yang menempel pada pati sago dibuang melalui ruang udara yang sudah di setel untuk membuang hasil sisa pembakaran yang berada pada tabung di dalam ruang pemanas.

Pemasalahan yang terjadi dalam proses pengeringan pati sago sangat terganggu pada cuaca yang sangat tidak menentu baik pada musim barat maupun musim timur, sehingga waktu pengeringan pati sago menjadi panjang. Dari permasalahan di atas, maka penelitian didesain sebuah oven pengering pelat datar yang memanfaatkan energi panas dari boiler yang disirkulasikan dalam pipa-pipa kondensor dengan memanfaatkan fan atau kipas angin untuk menghembuskan energi panas ke dalam ruang pengering untuk mengeringkan pati sago. Pati sago dihamparkan diatas pelat datar yang direkayasa dengan memanfaatkan timbangan guna mengetahui massa pati sago dan kadar air seperti yang disyaratkan oleh SNI yakni 13%.

Proses pengeringan pati sago yang terjadi dalam ruang pengering berlangsung dengan mekanisme perpindahan panas konveksi paksa, dimana ada pengaruh gaya luar terhadap proses perpindahan panas dari pati sago. Kecepatan udara merupakan salah satu parameter yang sangat mempengaruhi bilangan Reynold (Re) dimana kecepatan udara berbanding lurus dengan bilangan Reynold. Bilangan Nusselt merupakan salah satu parameter penentu dari karakteristik perpindahan panas konveksi paksa, dimana bilangan Nusselt merupakan fungsi dari bilangan Reynold dan bilangan Prandtl. Semakin tinggi bilangan Nusselt berarti semakin baik proses perpindahan panas konveksi paksa yang terjadi dari pati sago dalam ruang pengering. Dengan meningkatnya kecepatan udara mengindikasikan bahwa proses pengeringan pati sago akan semakin cepat. Menurut Farel *et al.* (2012) menyatakan bahwa pengeringan bertujuan memperpanjang

umur simpan dengan cara mengurangi kadar air untuk mencegah tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk, dimana dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban dan aliran udara. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis laju kondensasi akibat kecepatan udara terhadap karakteristik perpindahan panas konveksi oven pengering pati sago.

KAJIAN TEORI DAN METODE

1. Karakteristik Perpindahan Panas Konveksi

Menurut Bergman *et al.* (2011), menyatakan bahwa bilangan Reynold (Re) merupakan perbandingan gaya viskous dan gaya inersia, dinyatakan sebagai

$$Re_L = \frac{V.L}{\nu} \quad (1)$$

dimana: V = kecepatan udara (m/s), L = panjang karakteristik (m), ν = viskositas kinematis (m^2/s).

Menurut Kays *et al.* (1993), untuk mencari bilangan Nusselt (Nu) memiliki banyak persamaan yang dapat digunakan untuk aliran di luar silinder, yakni persamaan Churchill dan Berstein yang merupakan persamaan komprehensif tunggal mencakup bilangan Reynold (Re) dan bilangan Prandtl (Pr) untuk berbagai data, dinyatakan dalam persamaan

$$Nu = 0.3 + \frac{(0.62Re_L^{1/2}Pr^{1/3})}{(1 + \frac{0.4}{Pr})^{1/4}} \times \left(1 + \left(\frac{Re_L}{282,000}\right)^{5/8}\right)^{4/5} \quad (2)$$

Untuk $[Re_L Pr] > 0.2$

Menurut Naylor *et al.* (1999), untuk menghitung koefisien konveksi digunakan persamaan

$$h = \frac{k}{L} Nu \quad (3)$$

dimana K = konduktivitas termal (W/m.K), L = panjang karakteristik (m), Nu = bilangan Nusselt.

Menurut Cengel (1998), konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi bila ada gradient temperatur antara permukaan benda padat dengan fluida yang bergerak melintasi permukaan tersebut. Perpindahan panas konveksi dinyatakan dengan hukum Newton pendinginan

$$q_k = \bar{h}.A(T_s - T_\infty) \quad (4)$$

dimana q_k = laju perpindahan panas konveksi (kJ/jam), \bar{h} = koefisien perpindahan panas

konveksi rerata ($\text{kJ/jam.m}^2.\text{K}$), T_s = temperatur permukaan (K), T_∞ = temperatur fluida aliran bebas (K).

2. Laju Kondensasi

Menurut Widyawan *et al.* 2013, menyatakan bahwa laju kondensasi *steam* akibat kehilangan panas sepanjang aliran di pipa-pipa kondensor merupakan perbandingan antara kehilangan panas yang timbul dari pipa ke lingkungan terhadap kehilangan panas dari *steam* saat terjadi kondensasi.

Kehilangan panas sepanjang aliran di pipa-pipa kondensor ke lingkungan menggunakan persamaan:

$$q_p = \frac{\pi(T_s - T_a)}{\frac{2.3}{2K_c} \log \frac{D_o + 1}{D_i} + h_a D_i} \quad (5)$$

dimana T_a = temperatur sekeliling (K), T_s = temperatur pipa-pipa kondensor (K), D_o = diameter luar pipa kondensor (m), D_i = diameter dalam pipa kondensor (m), K_c = konduktivitas termal pipa kondensor (kJ/jam.m.K).

Kehilangan panas dari *steam* saat terjadi kondensasi dinyatakan dalam persamaan

$$q_s = h_g - h_f \quad (6)$$

Dimana h_g = entalpi *superheated steam* (kg/kJ), h_f = entalpi *saturated steam* (kg/kJ).

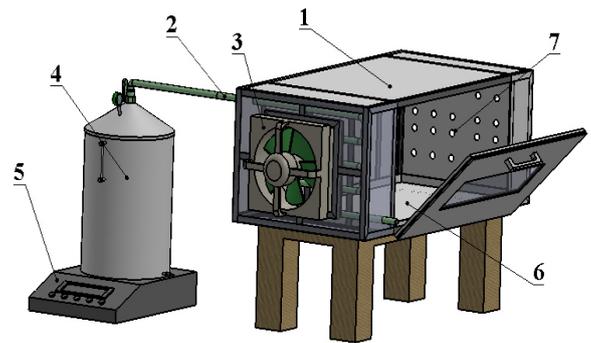
Laju kondensasi dinyatakan dengan persamaan

$$q_c = q_p / q_s \quad (7)$$

dimana q_c = laju kondensasi (kg/hr.m).

3. Peralatan Penelitian

Adapun variabel bebas penelitian ini adalah kecepatan yang divariasikan dari 0.7 m/s hingga 1.0 m/s dengan masukan panas 5.400 kJ/jam konstan, sedangkan variabel terikat yakni karakteristik perpindahan panas konveksi yakni; Pr , Re , Nu , h , q_k dan laju kondensasi yakni; q_p , q_s , q_c . Instalasi penelitian eksperimen disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Peralatan uji

Keterangan gambar : (1). Ruang pengering, (2). Pipa kondensor, (3). Kipas, (4). Ketel, (5). Kompor listrik, (6). Kolektor pelat datar, (7). Saluran udara keluar.

Prinsip kerja peralatan uji sebagai berikut:

- Menyiapkan model uji sesuai dengan gambar 1
- Pati sagu basah ditimbang massa awal sebesar 5 kg dan digelar di atas pelat datar dalam oven pengering
- Memasang alat ukur temperatur yakni termokopel tipe K dan dihubungkan dengan termokopel digital untuk mengukur temperatur. Mengatur putaran fan sebesar 0.7 m/s dan kecepatan udara diukur dengan anemometer.
- Menghidupkan kompor listrik untuk memanaskan air dalam ketel dengan masukan panas sebesar 5.400 kJ/hr konstan.
- Mengamati tekanan, temperatur air dalam ketel serta kecepatan udara, jika temperatur air telah mendekati titik didih, maka dibuka keran pipa kondensor sehingga steam dapat mengalir dari ketel ke pipa-pipa kondensor.
- Melakukan pencatatan data penelitian selang 15 menit berupa data temperatur pipa kondensor, temperatur udara masuk dan keluar serta temperatur kamar, tekanan ketel, kecepatan udara, massa pati sagu dan waktu pengeringan.
- Jika massa pati sagu akhir telah mencapai 3,3 kg, maka pengambilan data selesai. Mematikan dan mendinginkan oven pengering.
- Selanjutnya tahapan penelitian diulangi dengan mengatur kecepatan udara untuk 0.8, 0.9 dan 1,0 m/s.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Penelitian secara eksperimen dilakukan dengan memvariasikan kecepatan udara (V) = 0.7 s/d 1.0 m/s, diperoleh data disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

Parameter	Kecepatan udara (m/s)			
	0.7	0.8	0.9	1.0
Q^* (kJ/jam)	5.400	5.400	5.400	5.400
P (bar)	0.9	0.9	0.9	0.9
T_t (K)	362,5	360.6	359.9	359.1
T_k (K)	373.15	373.15	373.15	373.15
$T_{c,i}$ (K)	313.25	312.15	310.15	309.95
$T_{c,o}$ (K)	309.65	308.6	307.15	306.65
$T_{h,i}$ (K)	373.15	373.15	373.15	373.15
$T_{h,o}$ (K)	370.15	370.15	370.15	370.15
T_p (K)	308.55	307.25	304.75	304.44
t (jam)	24	21	19	17
M_1 (kg)	5	5	5	5
M_2 (kg)	3.4	3.4	3.4	3.4
KAAw (%)	40	40	40	40
KAAk (%)	15	15	15	15

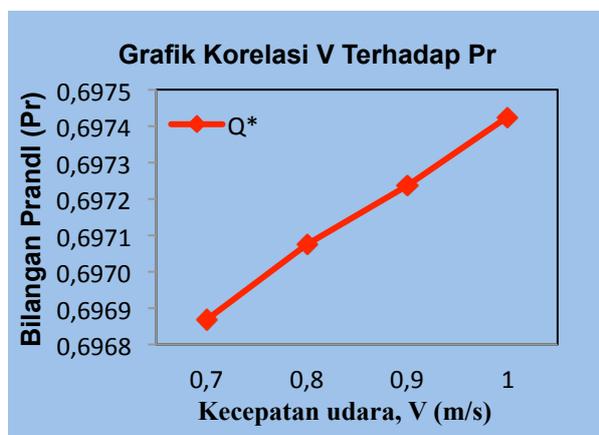
Sumber: Lab. Perpindahan panas, 2017

2. Pembahasan

2.1. Karakteristik Perpindahan Panas

• Bilangan Prandtl (Pr)

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara (V) = 0,7 – 1,0 m/s pada masukan panas (Q^*) = 5.400 kJ/jam konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka bilangan Prandtl (Pr) semakin meningkat disajikan pada gambar 2.



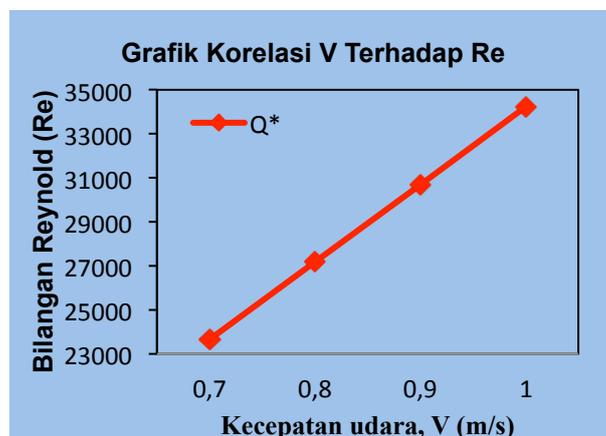
Gambar 2. Korelasi kecepatan udara (V)

terhadap bilangan Prandtl (Pr)

Gambar 2 memperlihatkan bahwa bilangan Prandtl (Pr) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan bilangan Prandtl maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara (V) < 0.9 bilangan Prandtl meningkat dengan gradien kenaikan kecil, dan untuk kecepatan udara (V) > 0.9 bilangan Prandtl meningkat pula dengan gradien kenaikan yang besar.

• Bilangan Reynold (Re)

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara (V) = 0,7 – 1,0 m/s pada masukan panas (Q^*) = 5.400 kJ/jam konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka bilangan Reynold (Re) semakin meningkat disajikan pada gambar 3.

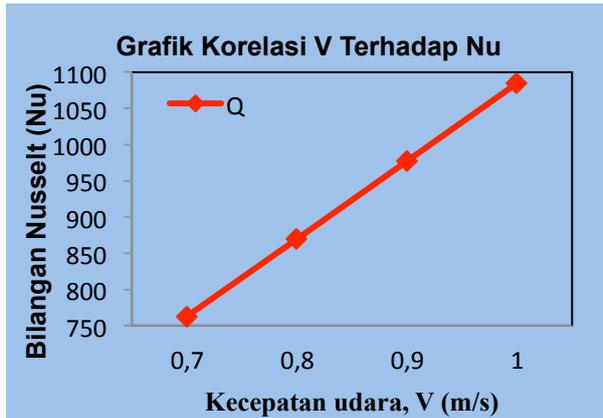


Gambar 3. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap bilangan Reynold (Re)

Gambar 3 memperlihatkan bahwa bilangan Reynold (Re) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan bilangan Reynold (Re) maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara (V) < 0.9 bilangan Reynold (Re) meningkat dengan gradien kenaikan kecil, tetapi kecepatan udara (V) > 0.9 bilangan Reynold (Re) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang besar

• Bilangan Nusselt (Nu)

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara (V) = 0,7 – 1,0 m/s pada masukan panas (Q^*) = 5.400 kJ/jam konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka bilangan Nusselt (Nu) semakin meningkat disajikan pada gambar 4.

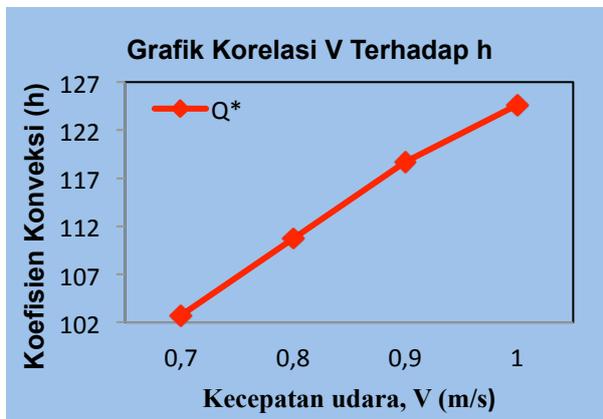


Gambar 4. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap bilangan Nusselt (Nu)

Gambar 4 memperlihatkan bahwa bilangan Nusselt (Nu) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan bilangan Nusselt (Nu) maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara ($V < 0.9$) bilangan Nusselt (Nu) meningkat dengan gradien kenaikan kecil, tetapi kecepatan udara ($V > 0.9$) bilangan Nusselt (Nu) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang besar.

- **Koefisien Konveksi (h)**

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara ($V = 0,7 - 1,0$ m/s) pada masukan panas ($Q^* = 4.500$ kJ/jam) konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka bilangan koefisien konveksi (h) semakin meningkat disajikan pada gambar 5.



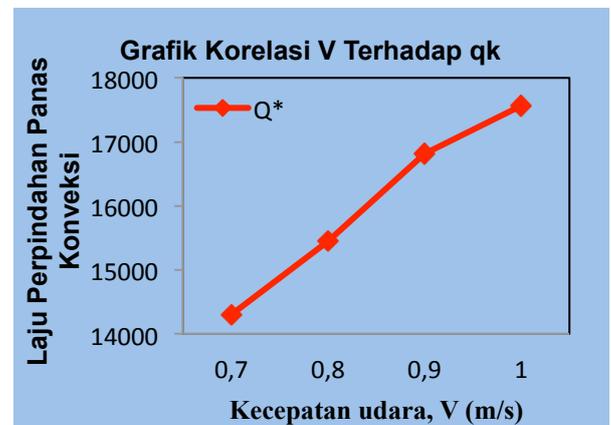
Gambar 5. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap koefisien konveksi (h)

Gambar 5 memperlihatkan bahwa koefisien konveksi (h) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan koefisien konveksi (h) maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin

besar kecepatan udara ($V < 0.9$) koefisien konveksi (h) meningkat dengan gradien kenaikan kecil, tetapi kecepatan udara ($V > 0.9$) koefisien konveksi (h) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang besar.

- **Laju Perpindahan Panas Konveksi (q_k)**

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara ($V = 0,7 - 1,0$ m/s) pada masukan panas ($Q^* = 5.400$ kJ/jam) konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka laju perpindahan panas konveksi (q_k) semakin meningkat disajikan pada gambar 6. Gambar 6 memperlihatkan bahwa laju perpindahan panas konveksi (q_k) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan laju perpindahan panas konveksi (q_k) maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara ($V < 0.9$) laju perpindahan panas konveksi (q_k) meningkat dengan gradien kenaikan kecil, tetapi kecepatan udara ($V > 0.9$) laju perpindahan panas konveksi (q_k) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang besar.



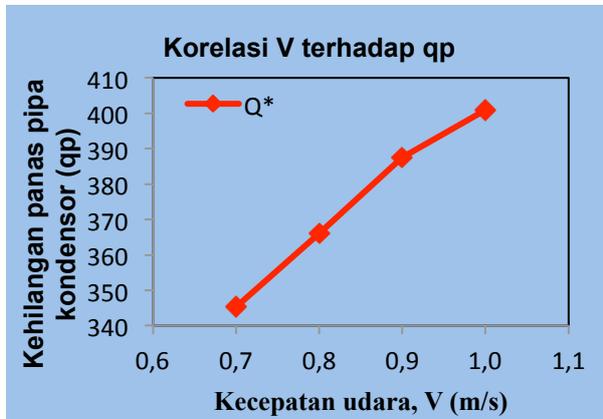
Gambar 6. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap laju perpindahan panas konveksi (q_k)

2.2. Laju Kondensasi

- **Kehilangan Panas Pipa-pipa Kondensor (q_p)**

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara ($V = 0,7 - 1,0$ m/s) pada masukan panas ($Q^* = 5.400$ kJ/jam) konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V), maka kehilangan panas pipa kondensor (q_p) semakin meningkat disajikan pada gambar 7. Gambar 7 memperlihatkan bahwa kehilangan panas pipa kondensor (q_p) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan kehilangan panas pipa kondensor (q_p) maksimal pada

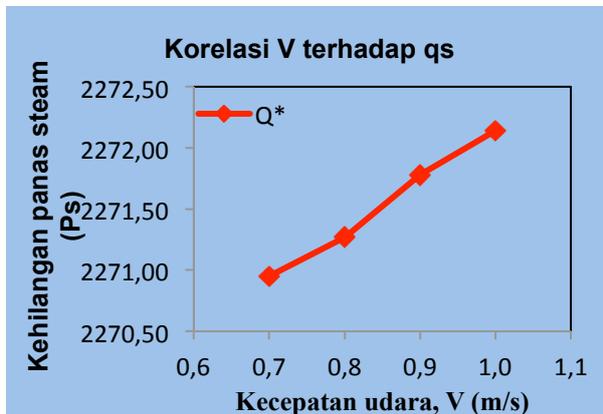
kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara untuk $(V) < 0.9$ kehilangan panas pipa kondensor (q_p) meningkat dengan gradien kenaikan besar, tetapi kecepatan udara untuk $(V) > 0.9$ kehilangan panas pipa kondensor (q_p) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang kecil.



Gambar 7. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap kehilangan panas pipa kondensor (q_p)

• **Kehilangan Panas Steam (q_s)**

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara $(V) = 0,7 - 1,0$ m/s pada masukan panas $(Q^*) = 5.400$ kJ/jam konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V) , maka kehilangan panas *steam* (q_s) semakin meningkat disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap kehilangan panas steam (q_s)

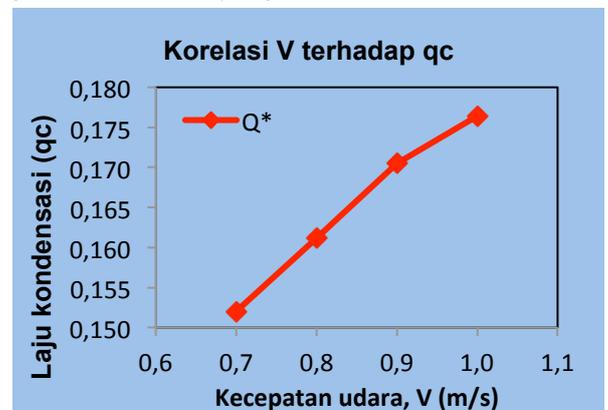
Gambar 8 memperlihatkan bahwa kehilangan panas *steam* (q_s) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan kehilangan panas *steam* (q_s) maksimal pada kecepatan

udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara untuk $(V) < 0.9$ kehilangan panas *steam* (q_s) meningkat dengan gradien kenaikan besar, tetapi kecepatan udara untuk $(V) > 0.9$ kehilangan panas *steam* (q_s) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang kecil.

• **Laju Kondensasi (q_c)**

Hasil eksperimen dengan memvariasikan kecepatan udara $(V) = 0,7 - 1,0$ m/s pada masukan panas $(Q^*) = 5.400$ kJ/jam konstan, memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan udara (V) , maka laju kondensasi (q_c) semakin meningkat disajikan pada gambar 9.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa laju kondensasi (q_c) minimal terhadap pada kecepatan udara 0.7 m/s sedangkan laju kondensasi (q_c) maksimal pada kecepatan udara 1.0 m/s. Semakin besar kecepatan udara untuk $(V) < 0.9$ laju kondensasi (q_c) meningkat dengan gradien kenaikan besar, tetapi kecepatan udara untuk $(V) > 0.9$ laju kondensasi (q_c) meningkat pula dengan gradien kenaikan yang kecil.



Gambar 9. Korelasi kecepatan udara (V) terhadap laju kondensasi (q_c)

KESIMPULAN

Penelitian laju kondensasi akibat pengaruh kecepatan udara terhadap karakteristik perpindahan panas pada oven pengering pati sagu kapasitas 5 kg, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin besar kecepatan udara untuk $(V) < 0,9$ m/s, maka karakteristik perpindahan panas konveksi yakni bilangan Prandt (Pr), bilangan Reynold (Re), bilangan Nusselt (Nu), koefisien konveksi (h), dan laju perpindahan panas konveksi (q_k) semakin meningkat dengan gradient kenaikan besar. Sebaliknya untuk $(V) > 0,9$ m/s karakteristik

perpindahan panas konveksi meningkat pula namun dengan gradient kenaikan kecil. Untuk bilangan Pr meningkat dari 0.6969 hingga 0.6974 atau meningkat sebesar 0.08%, untuk bilangan Re meningkat dari 233667,092 hingga 34216,608 atau meningkat sebesar 6,83%, untuk bilangan Nu meningkat dari 762,576 hingga 1084,454 atau meningkat sebesar 29.68%, untuk h meningkat dari 102,718 kJ/jam.m².K hingga 124,642 kJ/jam.m².K atau meningkat sebesar 17.16% dan q_k meningkat dari 12542,551 kJ/jam hingga 15395,773 kJ/jam atau meningkat sebesar 18.53%.

2. Semakin besar kecepatan udara untuk $(V) < 0,9$ m/s, maka laju kondensasi meningkat dengan gradient kenaikan besar, sebaliknya untuk kecepatan udara $(V) > 0,9$ m/s laju kondensasi juga meningkat dengan gradient kenaikan kecil. Laju kondensasi meningkat dari 0,152 (kg/hr-m) hingga 0,171 (kg/hr-m) atau meningkat 11.11%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengolahan Sagu sebagai Pangan Pokok di Kawasan Timur Indonesia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Deptan.
- Bergman. Th. L, Lavine. A. S, Incropera. F.P, De Witt. D, 2011., "Fundamental of Heat and Mass Transfer", 7th Edition, John Wiley & Sons, New York.
- BPS. 2008, SNI 01-3729-1995
- Cengel, Yunus, A., 1998, "Heat Transfer a Practical Approach", McGraw-Hill, New York
- Farel, H. N., Putra., M. T, 2012, "Perancangan dan Pengujian Alat Pengering Kakao Dengan Tipe Kabinet Untuk Kapasitas 7,5 kg per Siklus". Jurnal Dinamis, Volume II, No. 10.
- Kays, W. M dan Crawford, M. E., 1993, "Convective Heat and Mass Transfer", McGraw-Hill, Inc, New York.
- Naylor, D dan Oosthuizen, P. H., 1999, "Introduction to Convective Heat Transfer Analysis", McGraw-Hill, New York.
- Purwani, E.Y., Widaningrum, R. Thahir, 2006. "Effect of Moisture of Sago Strach on its Noodle Quality". Indonesia Journal of Agriculture Science 7(1);8-14.
- Rindengan, B. dan S. Karauw. 2003. Potensi Pati Sagu sebagai Bahan Baku Plastik, Dalam Sagu untuk Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Sagu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Manado, 6 Oktober 2003
- Wang S. C., Yang Y. T and Chen, C. K, 2003., "Effect of Uniform Suction on Laminar Film wise Condensation on a finite-size Horizontal Flat Surface ini a Porous Medium", Int. Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 46, 4003-4011
- Wark, K. Jr, Richard, D. E, 1999., "Termodinamics", 6th Edition, McGraw-Hill International Editions, New York.
- Widaningrum, Endang Yuli Purwani dan S. Joni Munarso. 2005. Kajian Terhadap SNI Mutu Pati Sagu, Jurnal Standardisasi Vol. 7 (3), p91-98.
- Widyawan. A dan Fachlevie. F, 2013, Studi Pemanfaatan *Condensate Outlet Steam Trap* sebagai air Umpan Balik di Pabrik Amoniak PUSRI-IB, Jurnal Rekayasa Proses, Volume 7, (1), 2013.