

MODEL PENGERINGAN LAPISAN TIPIS GABAH KETAN (*Oryza sativa glutinosa*) VARIETAS *SETAIL* DAN VARIETAS *CIASSEM*

Nur Rahmayanti¹, Supratomo¹, dan Olly Sanny Hutabarat¹
Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar

ABSTRAK

Ketan termasuk salah satu varietas dari ribuan varietas padi yang merupakan tumbuhan semusim. Beras ketan yang dihasilkan dari padi ketan memiliki kandungan pati (*amilosa* dan *amilopektin*) yang berbeda dengan beras non-ketan. Ketan memiliki kandungan *amilosa* yang rendah dan memiliki kandungan *amilopektin* yang tinggi sehingga teksturnya lengket saat dimasak. Untuk menghasilkan beras ketan yang bermutu dan bercita rasa tinggi diperlukan penanganan pascapanen yang baik terutama dalam pengeringan gabah. Pengeringan ini bertujuan untuk menurunkan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan gabah akibat aktivitas biologi dan kimia sebelum gabah diolah/digunakan. Pengeringan lapisan tipis merupakan langkah mendasar dalam memahami perilaku pengeringan bahan pangan hasil pertanian, termasuk gabah. Penelitian ini menggunakan gabah padi ketan varietas *Setail* (ketan hitam) dan varietas *Ciassem* (ketan putih) yang diperoleh dari desa Sicini, kecamatan Parigi, kabupaten Gowa. Dengan alat *tray drier* gabah dikeringkan menggunakan tiga level suhu (50, 55 dan 60°C) dan kecepatan aliran udara 1.0 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat gabah mendekati kadar air kesetimbangan. Ketan hitam memiliki laju penguapan air yang lebih besar dibandingkan dengan ketan putih di ketiga level suhu pengeringan. Ada lima jenis model pengeringan yang diuji untuk mendeteksi perilaku MR (*Moisture Ratio*) yakni Model Newton, Model Henderson & Pabis, Model Page, Model Thompson dan Model Two-Terms Exponential. Persamaan Model Page untuk tiga level suhu dan dua jenis gabah menunjukkan nilai R^2 yang paling besar dan nilai χ^2 dan RMSE terkecil dibandingkan keempat persamaan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa Model Page adalah model pengeringan yang terbaik karena memiliki kesesuaian yang besar terhadap karakteristik pengeringan lapisan tipis padi ketan hitam dan ketan putih.

Kata kunci : *Pengeringan Lapisan Tipis, Kadar Air, Ketan Hitam, Ketan Putih*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beras merupakan hasil dari salah satu tanaman pangan utama dari hampir setengah populasi dunia. Bagi masyarakat Indonesia beras merupakan bahan pangan pokok sehari-hari. Beras dijadikan sumber karbohidrat utama hampir di seluruh daerah di Indonesia karena mudah didapat, rasanya yang enak dan dapat dikombinasikan dengan bahan pangan lain. Ketan termasuk salah satu varietas dari ribuan varietas padi yang merupakan tumbuhan semusim. Beras ketan yang

dihasilkan dari padi ketan memiliki kandungan pati (*amilosa* dan *amilopektin*) yang berbeda dengan beras non-ketan. Ketan memiliki kandungan *amilosa* yang rendah dan memiliki kandungan *amilopektin* yang tinggi sehingga teksturnya lengket saat dimasak.

Kerusakan pada bahan pangan dapat disebabkan oleh terlambatnya proses pengeringan, proses pengeringan yang terlalu lama atau terlalu cepat dan proses pengeringan yang tidak merata. Suhu yang terlalu tinggi atau adanya perubahan suhu yang mendadak juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada padi yang berdampak langsung pada mutu beras yang

dihasilkan (Brooker *et al.*, 1981), oleh karena itu diperlukan sebuah model pengeringan yang dapat menjadi acuan pemodelan pengeringan lapisan tipis dari padi ketan. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan sebuah model pengeringan lapisan tipis yang paling sesuai dengan padi ketan.

Tujuan dan Kegunaan

Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk mendapatkan model pengeringan lapisan tipis yang paling sesuai dengan karakteristik padi ketan hitam dan ketan putih pada tiga level suhu (50, 55 dan 60°C) dan kecepatan aliran udara 1.0 m/s.

Kegunaan penelitian yang dilaksanakan ini adalah sebagai referensi dasar permodelan pengeringan lapisan tipis padi ketan dan menjadi bahan informasi untuk industri pengolahan tepung beras ketan.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Pebruari-Maret 2014 di Laboratorium Processing Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

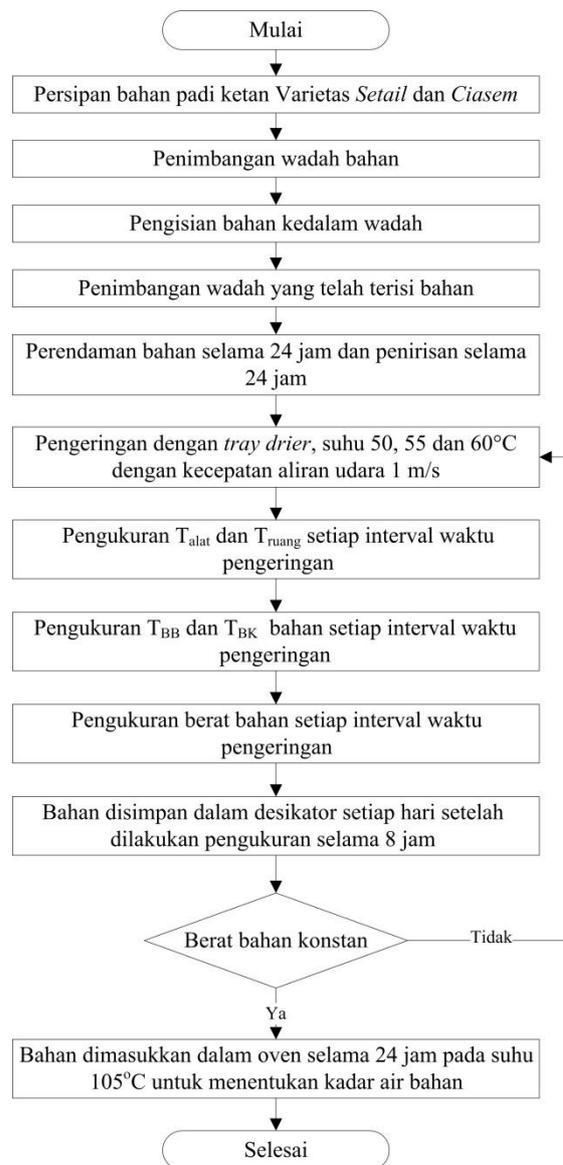
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengering *Tray Drier Model EH-TD-300 Eunha Fluid Science*, timbangan digital (ketelitian 0,001 g), desikator, oven, kamera digital, termometer, anemometer, baskom dan tempat penirisan.

Bahan yang digunakan adalah padi ketan varietas *Setail* dan varietas *Ciasem* yang diperoleh dari desa Sicini, kecamatan Parigi, kabupaten Gowa. Bahan lainnya yaitu air, plastik kedap udara dan kawat kasa.

Bagan alir

Berikut ini bagan alir dari penelitian:



Gambar 1. Bagan Alir Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Pengeringan

Proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dan massa yang terjadi secara simultan. Proses ini dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembaban relatif (RH) udara pengering (Mahadi, 2007). Ketika suhu udara pengering (T_{in}) mengalami kenaikan, udara panas akan dihembuskan oleh kipas melewati seluruh permukaan bahan. Akibat perbedaan suhu dimana suhu udara

pengering lebih tinggi dibandingkan suhu dalam bahan, maka akan terjadi proses perpindahan panas dari lingkungan ke dalam bahan. Perpindahan ini menyebabkan terjadinya perpindahan massa air yang ada dalam bahan menuju ke permukaan dan menguap ke udara.

Kandungan uap air yang dibawa oleh udara pengering menyebabkan RH udara pengering cenderung meningkat sedangkan suhu udara (T_{out}) cenderung mengalami penurunan (Brooker *et al.*, 1981). Pada Tabel 1 berikut ini disajikan nilai kadar air awal dan kelembaban relatif untuk tiga level suhu pengeringan.

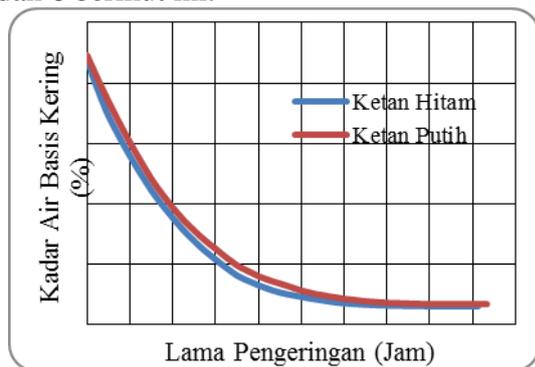
Tabel 1. Kondisi Pengeringan Gabah Ketan Hitam dan Ketan Putih

Gabah	Kadar Air Basis Kering (%)			Rata-Rata	Kelembaban Relatif (RH) (%)			Rata-Rata
	T : 50°C	T : 55°C	T : 60°C		T : 50°C	T : 55°C	T : 60°C	
Ketan Hitam	44,04	45,17	45,68	44,96	45,78	35,78	35,47	39,01
Ketan Putih	45,27	45,66	46,62	45,85				

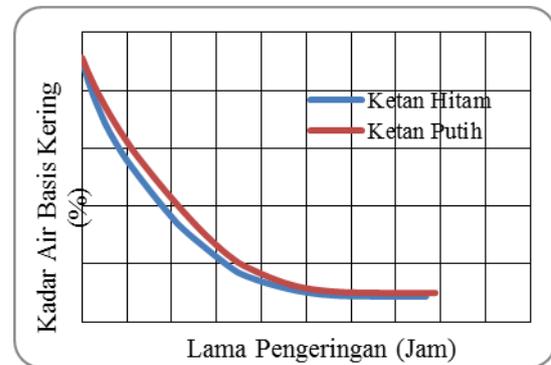
Sumber : Data primer setelah diolah, 2014.

Pola Penurunan Kadar Air

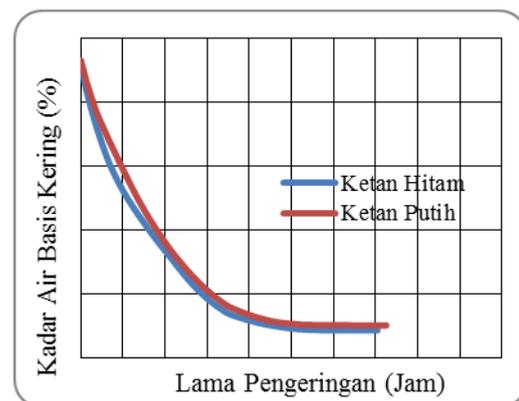
Hasil penelitian pengeringan padi ketan dari dua varietas berbeda pada kecepatan aliran udara 1.0 m/s menggunakan tiga level perubahan suhu pengeringan (50, 55 dan 60°C) menunjukkan pola perubahan kadar air selama proses pengeringan mengalami penurunan. Semakin lama proses pengeringan maka penurunan kadar air bahan akan semakin jelas terlihat. Hubungan antara lama proses pengeringan terhadap penurunan kadar air basis kering dapat diperhatikan pada Gambar 2,3,4,5 dan 6 berikut ini.



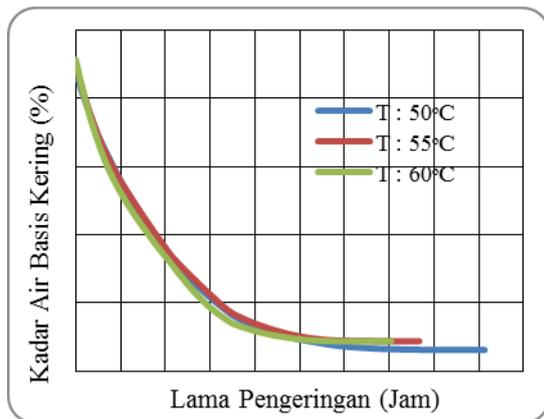
Gambar 2. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 50°C



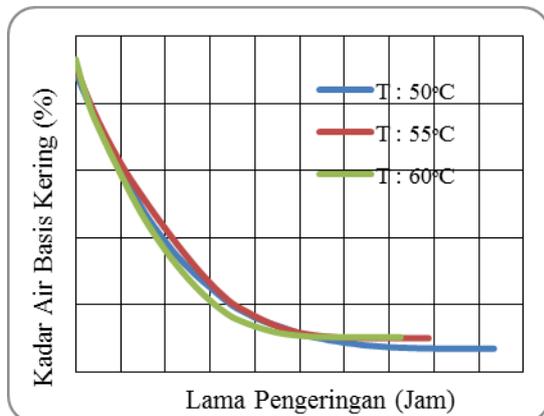
Gambar 3. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 55°C.



Gambar 4. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 60°C.



Gambar 5. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu



Gambar 6. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering Ketan Putih Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu

Gambar 2, 3 dan 4 merupakan grafik yang menunjukkan pola penurunan kadar air basis kering bahan pada tiga level suhu (50, 55 dan 60°C). Grafik di atas menunjukkan bahwa pengeringan padi ketan pada suhu 50°C membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama untuk mencapai kadar air kesetimbangan yaitu 1095 menit (18,25 jam) untuk ketan hitam dan 1120 menit (18,67 jam) untuk ketan putih dibandingkan dengan pengeringan padi ketan pada suhu 55°C dan suhu 60°C. Sebaliknya pada suhu 60°C, pengeringan padi ketan lebih cepat yaitu 845 menit (14,08 jam) untuk ketan hitam dan 870 menit (14,50 jam) untuk ketan putih dibandingkan pengeringan pada suhu 50 dan 55°C.

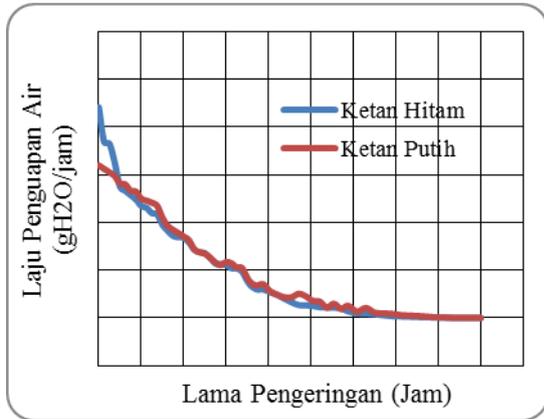
Gambar 2, 3 dan 4 memperlihatkan pola penurunan kadar air basis kering dari ketan hitam dan ketan putih. Kadar air awal padi ketan pada suhu pengeringan 50°C sebesar 44,04% dikeringkan hingga kadar air kesetimbangan sebesar 3,10% untuk ketan hitam dan dari kadar air 44,594% hingga 3,44% untuk ketan putih, pada suhu pengeringan 55°C ketan hitam dikeringkan dari kadar air 45,12 % hingga 4,383% dan dari kadar air 45,66% hingga 5,01% untuk ketan putih. Dan pada suhu pengeringan 60°C ketan hitam dikeringkan dari kadar air 45,68% hingga 4,37% dan dari 46,62% hingga 5,15% untuk ketan putih. Kadar air awal dan kadar air kesetimbangan ketan hitam dan ketan putih nilainya hampir sama besar tetapi memiliki perbedaan waktu pengeringan akibat perbedaan suhu pengeringan.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa kenaikan suhu pengering semakin mempercepat waktu pengeringan bahan untuk mencapai kadar air kesetimbangan, dimana semakin tinggi suhu udara pengering semakin cepat pula penurunan kadar air bahan. Pada Gambar 5 dan 6 memperlihatkan bahwa setiap kenaikan suhu udara pengering penurunan kadar air ketan hitam dan ketan putih semakin cepat. Hal ini sesuai dengan Sitkey (1986) yang menyatakan bahwa suhu bahan selama proses pengeringan tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air awal dan kadar air akhir bahan namun suhu udara pengering akan sangat mempengaruhi suhu bahan. Ketika suhu pengering lebih tinggi maka akan mempercepat proses pengeringan.

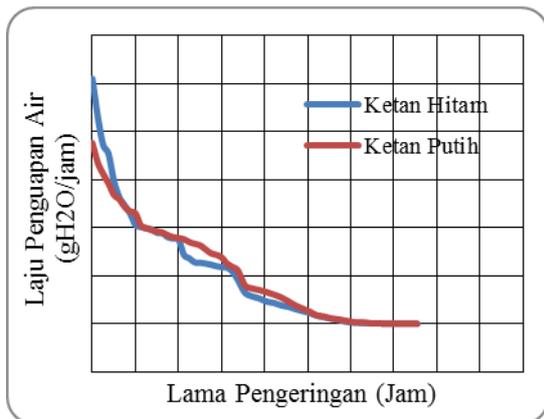
Pola Penurunan Laju Penguapan Air

Selama proses pengeringan, dikenal adanya laju penguapan air. Laju penguapan air menjelaskan banyaknya air pada bahan yang mengalami penguapan selama proses pengeringan. Semakin besar laju penguapan air maka semakin cepat bahan mencapai berat konstan dan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan. Laju penguapan air dipengaruhi oleh suhu

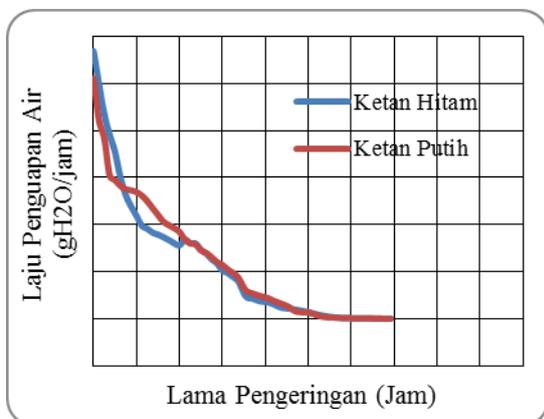
pengeringan. Semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin tinggi pula laju penguapan air bahan. Hubungan antara suhu pengeringan terhadap lama proses pengeringan dan laju penguapan air dapat diperhatikan pada Gambar 7, 8, 9, 10 dan 11 berikut ini.



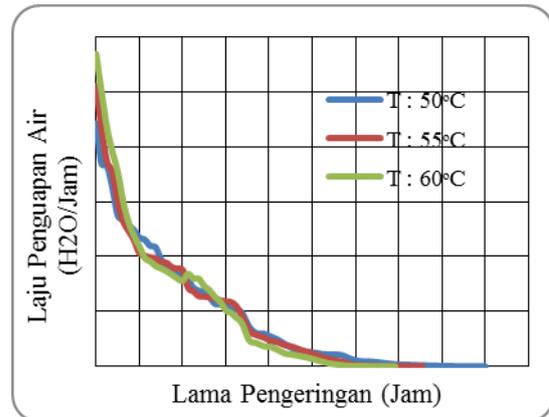
Gambar 7. Pola Penurunan Laju Penguapan Air Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 50°C



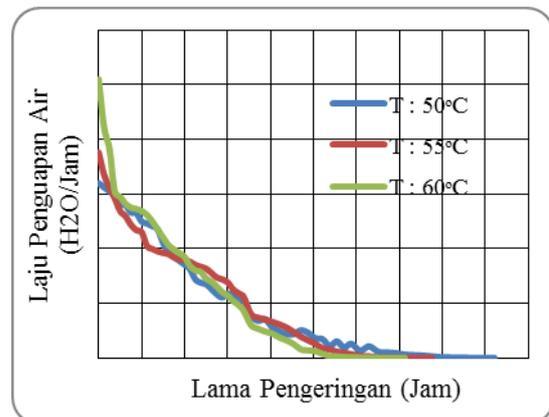
Gambar 8. Pola Penurunan Laju Penguapan Air Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 55°C



Gambar 9. Pola Penurunan Laju Penguapan Air Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 60°C



Gambar 10. Pola Penurunan Laju Penguapan Air Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu



Gambar 11. Pola Penurunan Laju Penguapan Air Ketan Putih Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu

Gambar 7, 8 dan 9 menunjukkan perubahan nilai laju penguapan air untuk tiga level suhu pengeringan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa perubahan laju penguapan air pada padi ketan mengalami peningkatan di setiap peningkatan suhu pengeringan. Hal ini ditunjukkan pada grafik dimana pada periode awal pengeringan terjadi penurunan yang besar kemudian semakin mengalami penurunan hingga bahan mencapai kadar air kesetimbangan. Kecenderungan bahan mengalami penurunan kadar air lebih besar selama proses pengeringan dipengaruhi oleh suhu pengeringan yang besar pula,

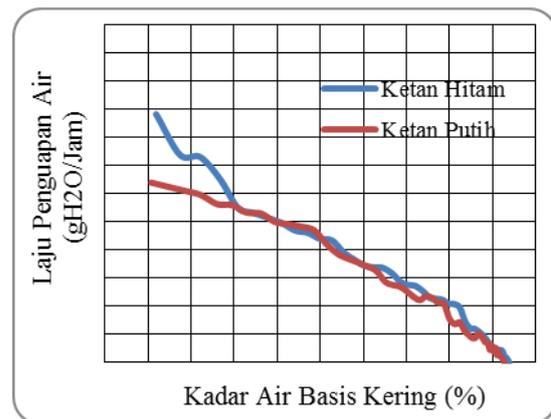
sehingga mempengaruhi besarnya penurunan laju penguapan air. Hal ini ditunjukkan pada suhu 60°C selama periode awal pengeringan, dimana tingkat penurunan laju penguapannya lebih besar dibandingkan dengan suhu 55 dan 50°C. Sedangkan pada suhu 50°C tingkat penurunan laju penguapannya lebih kecil dibandingkan suhu 55 dan 60°C.

Laju penguapan ketan hitam lebih besar dari ketan putih sebagaimana terlihat pada Gambar 7, 8 dan 9 di atas. Laju penguapan air awal pada suhu 50°C untuk ketan hitam sebesar 8,83 gH₂O/jam dan untuk ketan putih sebesar 6,39 gH₂O/jam. Pada suhu 55°C laju penguapan air awal ketan hitam 10,21 gH₂O/jam dan 7,53 gH₂O/jam untuk ketan putih. Dan untuk suhu 60°C laju penguapan awal ketan hitam sebesar 11,38 gH₂O/jam dan 10,21 gH₂O/jam untuk ketan putih. Laju penguapan air akan semakin kecil hingga berat bahan konstan.

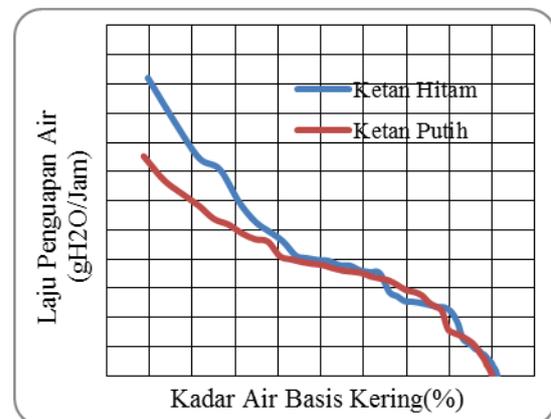
Pada Gambar 10 dan 11 memperlihatkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka laju penguapan air bahan akan semakin besar. Ketan hitam dengan suhu pengeringan 60°C memiliki laju penguapan air yang lebih besar dari ketan hitam dengan suhu pengeringan 50 dan 55°C dan sebaliknya. Sama halnya dengan ketan hitam, ketan putih pun mengalami kenaikan laju penguapan air di setiap kenaikan suhu udara pengering. Meningkatnya laju penguapan air menyebabkan waktu pengeringan lebih cepat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Taib (1988) yang menyatakan bahwa Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat. Makin tinggi suhu udara pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang

diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan.

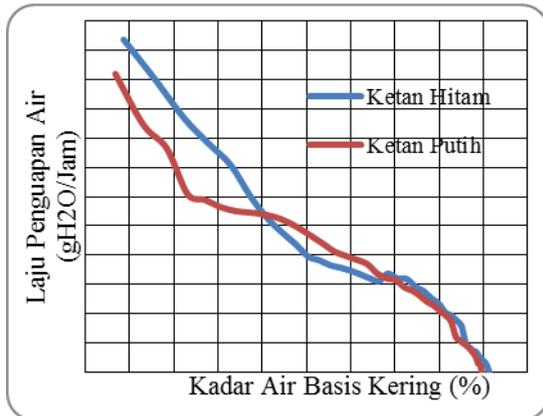
Laju penguapan air mempengaruhi kadar air bahan. Semakin banyak air yang menguap dari dalam bahan akibat tingginya suhu di luar permukaan bahan maka kadar air di dalam bahan semakin kecil. Hubungan antara penurunan kadar air dan laju penguapan air dapat dilihat pada Gambar 12, 13, 14, 15 dan 16 berikut ini.



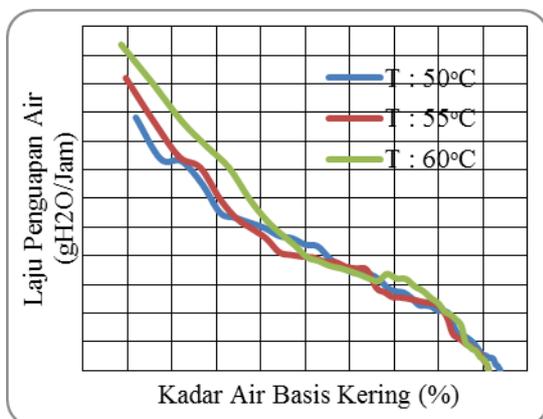
Gambar 12. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering dan Laju Penguapan Air Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 50°C



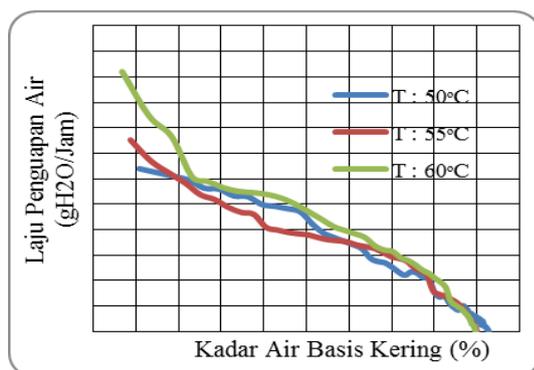
Gambar 13. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering dan Laju Penguapan Air Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 55°C



Gambar 14. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering dan Laju Penguapan Air Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Suhu 60°C



Gambar 15. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering dan Laju Penguapan Air Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu



Gambar 16. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering dan Laju Penguapan Air Ketan Putih Selama Proses Pengeringan Pada Tiga Level Suhu

Gambar 12, 13 dan 14 di atas memperlihatkan hubungan antara kadar air dan laju penguapan air ketan hitam dan ketan putih pada suhu pengeringan 50, 55 dan 60°C. Besar kecilnya laju penguapan air ketan hitam dan ketan putih dipengaruhi pula oleh kandungan air dalam bahan dan suhu pengeringan. Pada

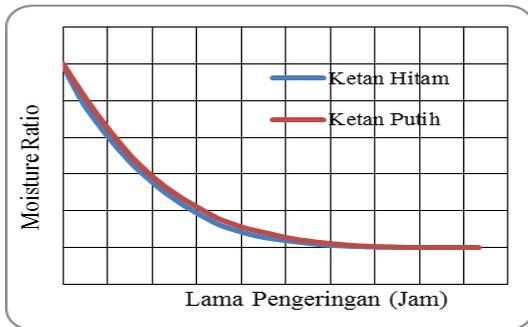
Gambar 15 dan 16 memperlihatkan bagaimana kenaikan suhu pengeringan mempengaruhi besarnya laju penguapan dan besarnya penurunan kadar air bahan. Kandungan air bebas ketan hitam lebih banyak dari pada ketan putih, hal inilah yang menyebabkan ketan hitam memiliki laju penguapan air awal yang lebih besar dari pada ketan putih, sedangkan ketan putih memiliki kandungan air terikat yang lebih banyak sehingga pada awal pengeringan memiliki laju penguapan yang lebih kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ismandari (2008) yang menyatakan bahwa perubahan laju penguapan terlihat fluktuatif selama periode akhir pengeringan namun cenderung terus mengalami penurunan.

Penurunan kadar air yang fluktuatif menjelaskan bahwa air dalam bahan masih berpotensi untuk mengalami penguapan selama periode akhir pengeringan. Hal tersebut terjadi sebab selama proses pengeringan, terutama pengeringan biji-bijian, selain adanya air bebas yang cenderung lebih mudah menguap selama periode awal pengeringan, adapula air terikat yaitu air yang sulit untuk bergerak naik ke permukaan bahan selama pengeringan sehingga laju penguapan air semakin lama semakin menurun.

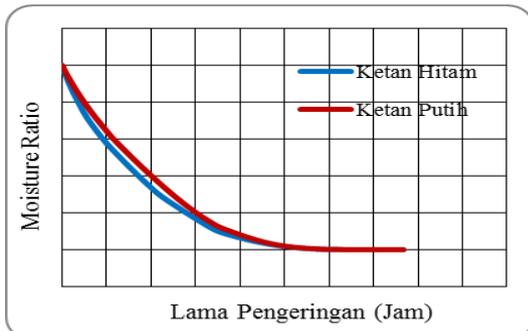
Pola Penurunan *Moisture Ratio*

Proses pengeringan yang telah dilakukan tidak hanya menunjukkan penurunan laju kadar air padi ketan, tetapi juga memperlihatkan terjadinya penurunan nilai *Moisture ratio* (MR) selama proses pengeringan berlangsung untuk masing-masing suhu pengeringan. Kenaikan suhu udara pengeringan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai setiap tingkat

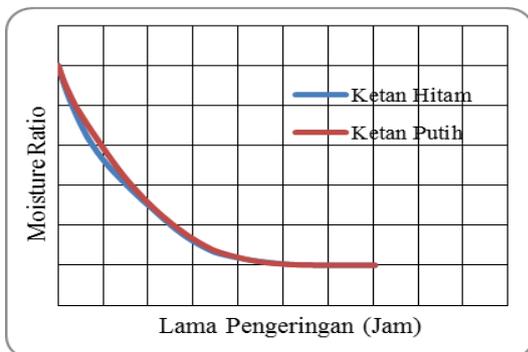
rasio kelembaban sejak proses transfer panas dalam ruang pengeringan meningkat. Sedangkan pada suhu tinggi, perpindahan panas dan massa juga meningkat dan kadar air bahan akan semakin berkurang. Laju penurunan nilai MR terhadap waktu pengeringan ditunjukkan pada Gambar 17, 18, 19, 20 dan 21 berikut ini.



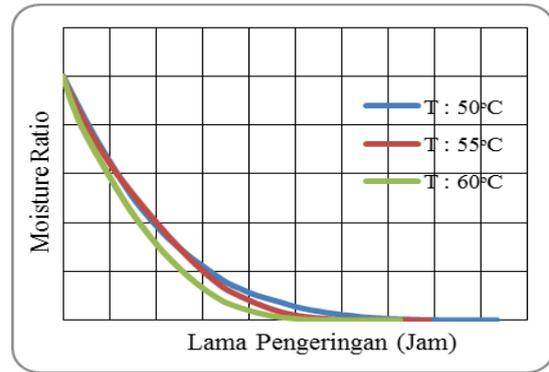
Gambar 17. Pola Penurunan Moisture ratio (MR) Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 50°C



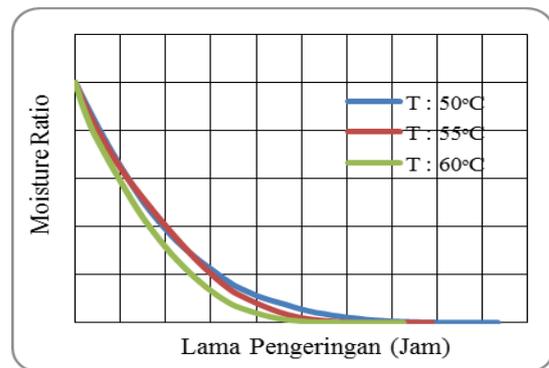
Gambar 18. Pola Penurunan Moisture ratio (MR) Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 55°C



Gambar 19. Pola Penurunan Moisture ratio (MR) Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 60°C



Gambar 20. Pola Penurunan Moisture ratio (MR) Ketan Hitam Selama Proses Pengeringan Untuk Tiga Level Suhu



Gambar 21. Pola Penurunan Moisture ratio (MR) Ketan Putih Selama Proses Pengeringan Untuk Tiga Level Suhu

Berdasarkan Gambar 17, 18 dan 19 di atas, penurunan nilai MR (*Moisture ratio*) yang terjadi sejalan dengan penurunan nilai kadar air bahan selama proses pengeringan. Perubahan nilai MR sangat dipengaruhi oleh nilai perubahan kadar air basis kering bahan. Bahan dengan kadar air yang rendah memiliki nilai MR kecil. Pada Gambar 20 dan 21 memperlihatkan bahwa peningkatan suhu pengeringan memperkecil nilai MR karena kadar air bahan pada suhu pengeringan yang tinggi cepat mengalami penurunan sehingga nilai MR juga kecil. Nilai MR diatas, selanjutnya digunakan untuk menentukan model pengeringan terbaik dari ketan hitam dan ketan putih.

Model Pengeringan Lapisan Tipis

Ada lima jenis model pengeringan yang akan diuji pada penelitian ini untuk

mendeteksi perilaku MR yang terdapat pada Gambar 17 sampai Gambar 21 di atas. Kelima model disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Daftar Model Pengeringan Lapisan Tipis yang Diuji

Model Pengeringan	Bentuk Eksponensial
Newton	MR : $\exp(-kt)$
Henderson & Pabis	MR : $a.\exp(-kt)$
Page	MR : $\exp(-kt^n)$
Thompson	MR : $a + bt + bt^2$
Two-terms Exponential	MR : $a.\exp(-kt) + (i-a).\exp(-kbt)$

Sumber: Meisami dkk., 2010.

Penentuan nilai konstanta k, i, a, b, c dan n setiap model pengeringan di atas membutuhkan aplikasi dari Microsoft Office Excel Solver dalam penentuannya. Analisis didasarkan pada usaha untuk

meminimalkan total kuadrat selisih dari MR Observasi dan MR Prediksi. Solver akan otomatis mencari dan menampilkan nilai konstanta yang ada pada model terkait sehingga total kuadrat selisih antara MR Observasi dan MR Prediksi bernilai minimal. Nilai R^2 (*Coefficient of Determinat*), χ^2 (*Chi Square*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk melihat tingkat kesesuaian model pengeringan dengan hasil observasi. Untuk nilai R^2 mendekati nilai 1, maka tingkat kesesuaian model pengeringan dengan hasil observasi sangat besar. Untuk nilai χ^2 dan RMSE apabila mendekati nilai nol menunjukkan bahwa model pengeringan mendekati hasil observasi.

Nilai dari setiap konstanta pada masing-masing model pengeringan yang diuji dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini

Tabel 3. Hasil Analisa Persaman Matematika Model Pengeringan

T (°C)	Model Pengeringan	Ketan	k	i	a	b	C	n	R ²	
50	Newton	Hitam	0,273						0,997	
		Putih	0,247						0,998	
	Henderson & Pabis	Hitam	0,280			1,029			0,997	
		Putih	0,260			1,052			0,997	
	Page	Hitam	0,228					1,121	0,998	
		Putih	0,190					1,167	0,999	
	Thompson	Hitam				0,878	-0,141	0,005		0,977
		Putih				0,910	-0,139	0,005		0,974
	Two-terms Exponential	Hitam	0,268	1,034		1,017	0,355			0,997
		Putih	0,247	1,054		1,039	0,461			0,996
	55	Newton	Hitam	0,292						0,995
			Putih	0,256						0,992
Henderson & Pabis		Hitam	0,296			1,016			0,994	
		Putih	0,270			1,057			0,989	
Page		Hitam	0,251					1,103	0,996	
		Putih	0,176					1,240	0,996	
Thompson		Hitam				0,894	-0,161	0,007		0,988
		Putih				0,950	-0,162	0,007		0,995
Two-terms Exponential		Hitam	0,275	1,021		0,997	0,443			0,997
		Putih	0,242	1,060		1,031	0,616			0,993
60		Newton	Hitam	0,329						0,994
			Putih	0,308						0,994
	Henderson & Pabis	Hitam	0,331			1,006			0,994	
		Putih	0,321			1,044			0,992	
	Page	Hitam	0,299					1,073	0,994	
		Putih	0,235					1,196	0,997	
	Thompson	Hitam				0,880	-0,174	0,008		0,985
		Putih				0,920	-0,178	0,008		0,990
	Two-terms Exponential	Hitam	0,309	1,003		0,989	0,675			0,996
		Putih	0,296	1,054		1,025	0,388			0,994

Sumber : Data primer setelah diolah, 2014.

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa Model Page dengan tiga level suhu berbeda (50, 55 dan 60°C) dan kecepatan aliran udara 1.0 m/s untuk ketan hitam dan ketan putih memiliki nilai R^2 yang lebih besar dibandingkan empat persamaan lainnya yakni Model Newton, Model Henderson & Pabis, Model Thompson dan model Two-terms Exponential. Hal ini menunjukkan bahwa Model Page adalah model terbaik untuk merepresentasikan pengeringan lapisan tipis gabah ketan hitam dan ketan putih karena memiliki nilai kesesuaian yang besar terhadap karakteristik lapisan tipis padi ketan.

Untuk memastikan bahwa Model Page merupakan model yang terbaik, pada Tabel 4 berikut ini disajikan nilai R^2 (*Coefficient of Determinat*) serta hasil perhitungan χ^2 (*Chi Square*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*). Karena menurut Nugroho (2012) kesesuaian antara data eksperimen/observasi dengan *thin layer model*/prediksi model dievaluasi berdasarkan nilai dari besarnya R^2 (*Coefficient of Determinat*), penurunan χ^2 (*Chi Square*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*). *Fitting* terbaik akan mempunyai nilai R^2 terbesar dan mempunyai χ^2 dan RMSE terkecil.

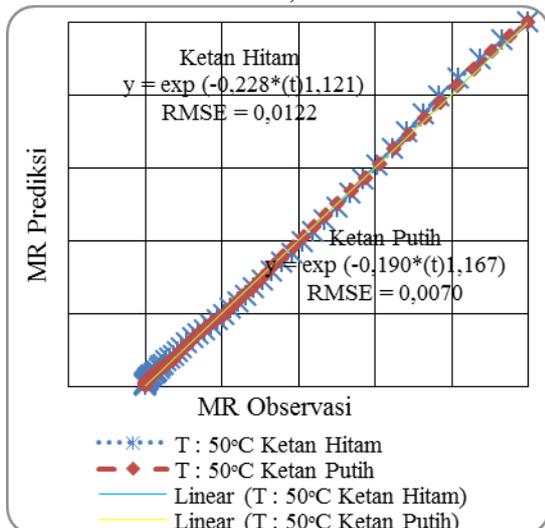
Tabel 4. Nilai R^2 , χ^2 dan RMSE Pengeringan Padi Ketan

T (°C)	Model Pengeringan	Ketan	χ^2	RMSE	R^2
50	Newton	Hitam	$4,327 \times 10^{-4}$	0,0206	0,997
		Putih	$5,907 \times 10^{-4}$	0,0241	0,998
	Henderson & Pabis	Hitam	$3,797 \times 10^{-4}$	0,0192	0,997
		Putih	$3,884 \times 10^{-4}$	0,0194	0,997
	Page	Hitam	$1,540 \times 10^{-4}$	0,0122	0,998
		Putih	$5,028 \times 10^{-5}$	0,0070	0,999
	Thompson	Hitam	$1,944 \times 10^{-3}$	0,0430	0,977
		Putih	$2,821 \times 10^{-3}$	0,0518	0,981
	Two-terms Exponential	Hitam	$2,199 \times 10^{-4}$	0,0143	0,997
		Putih	$9,546 \times 10^{-4}$	0,0298	0,996
55	Newton	Hitam	$6,263 \times 10^{-4}$	0,0248	0,995
		Putih	$1,567 \times 10^{-3}$	0,0392	0,992
	Henderson & Pabis	Hitam	$6,193 \times 10^{-4}$	0,0244	0,994
		Putih	$1,310 \times 10^{-3}$	0,0355	0,989
	Page	Hitam	$4,102 \times 10^{-4}$	0,0199	0,996
		Putih	$4,565 \times 10^{-4}$	0,0210	0,996
	Thompson	Hitam	$9,764 \times 10^{-4}$	0,0303	0,988
		Putih	$4,320 \times 10^{-4}$	0,0202	0,995
	Two-terms Exponential	Hitam	$2,946 \times 10^{-4}$	0,0165	0,997
		Putih	$6,602 \times 10^{-4}$	0,0247	0,993
60	Newton	Hitam	$6,116 \times 10^{-4}$	0,0245	0,994
		Putih	$1,054 \times 10^{-3}$	0,0321	0,994
	Henderson & Pabis	Hitam	$6,219 \times 10^{-4}$	0,0244	0,994
		Putih	$9,191 \times 10^{-4}$	0,0297	0,992
	Page	Hitam	$5,098 \times 10^{-4}$	0,0221	0,994
		Putih	$3,452 \times 10^{-4}$	0,0182	0,997
	Thompson	Hitam	$1,196 \times 10^{-3}$	0,0335	0,985
		Putih	$9,147 \times 10^{-4}$	0,0293	0,990
	Two-terms Exponential	Hitam	$3,455 \times 10^{-4}$	0,0178	0,996
		Putih	$5,068 \times 10^{-4}$	0,0216	0,994

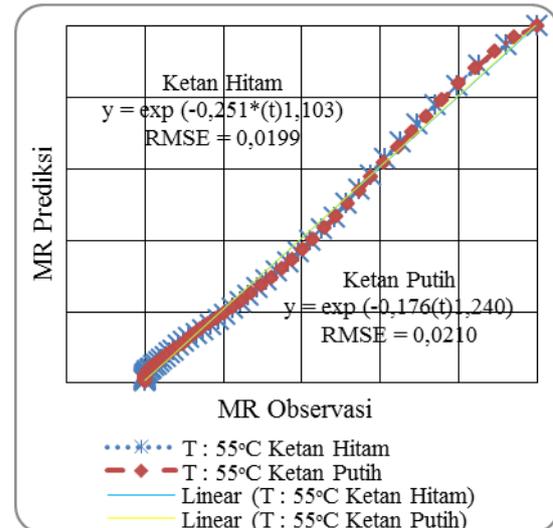
Sumber : Data primer setelah diolah, 2014.

Hubungan Antara MR Prediksi Model Page dengan MR Hasil Observasi

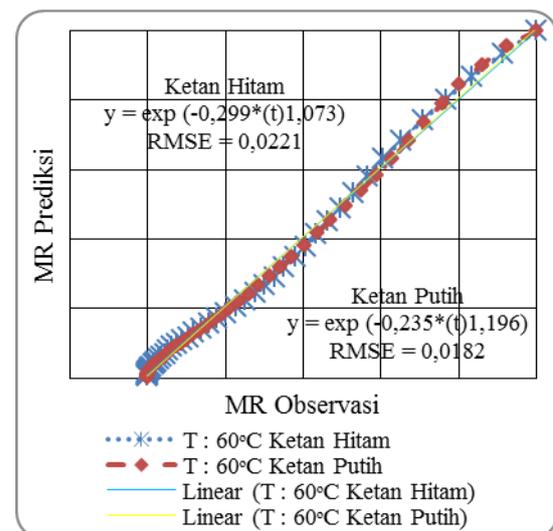
Nilai MR prediksi dihitung berdasarkan nilai konstanta k dan n pada Tabel 3 di atas untuk ketan hitam dan ketan putih pada tiga level suhu (50, 55 dan 60°C). Hasilnya kemudian disajikan dalam bentuk grafik bersama nilai MR observasi. Grafik tersebut menunjukkan nilai MR prediksi Model Page dengan MR hasil observasi seperti yang ditunjukkan dengan nilai 'slope' yang mendekati 1.0 dan R^2 yang mendekati 1.0. Kesesuaian model matematis dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan besarnya nilai R^2 atau juga disebut koefisien determinasi. Koefisien determinasi menunjukkan seberapa kesalahan dalam mempertimbangkan y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variabel. Model tersebut dianggap sempurna apabila nilai $R^2 = 1$, dengan kata lain R^2 merupakan petunjuk validasi data dimana $0,8 < R^2 < 1$.



Gambar 22. Grafik Hubungan MR Model Page Dan MR Hasil Pengamatan Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 50°C



Gambar 23. Grafik Hubungan MR Model Page Dan MR Hasil Pengamatan Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 55°C



Gambar 24. Grafik Hubungan MR Model Page Dan MR Hasil Pengamatan Selama Proses Pengeringan Untuk Suhu 60°C

Gambar 22, 23 dan 24 menunjukkan perbedaan nilai konstanta (k dan n) dari Model Page ($MR = \exp(-kt^n)$) untuk menentukan nilai MR prediksi dari ketan hitam dan ketan putih pada pengeringan dengan tiga level suhu (50, 55 dan 60°C). Pada pengeringan dengan suhu 50°C nilai R^2 dari MR observasi ketan hitam dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,228 \cdot (t)^{1,121})$ sebesar

0,998 dan R^2 dari MR observasi ketan putih dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,190*(t)^{1,167})$ sebesar 0,999. Pada pengeringan dengan suhu 55°C nilai R^2 dari MR observasi ketan hitam dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,251*(t)^{1,103})$ sebesar 0,996 dan R^2 dari MR observasi ketan putih dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,176*(t)^{1,240})$ sebesar 0,996. Pada pengeringan dengan suhu 60°C nilai R^2 dari MR observasi ketan hitam dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,299*(t)^{1,073})$ sebesar 0,994 dan R^2 dari MR observasi ketan putih dengan nilai MR Model Page yang didapatkan dari rumus $MR = \exp(-0,235*(t)^{1,196})$ sebesar 0,997. Penentuan nilai MR Model Page dari penelitian ini hanya berlaku untuk pengeringan lapisan tipis gabah ketan dengan interval suhu $50 \leq T \leq 60$ dan interval kelembaban relatif $30 \leq RH \leq 60$ serta dengan kecepatan udara pengeringan 1.0 m/s.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada gabah ketan hitam dan ketan putih dapat disimpulkan bahwa :

1. Penurunan kadar air basis kering ketan hitam lebih besar dari ketan putih sehingga lebih cepat mencapai kadar air kesetimbangan.
2. Padi ketan hitam memiliki laju penguapan air lebih besar daripada ketan putih di tiga level suhu pengeringan.
3. Model pengeringan yang paling sesuai untuk padi ketan hitam dan ketan putih adalah Model Page.
4. Kesesuaian antara $MR_{\text{observasi}}$ dengan $MR_{\text{Model Page}}$ untuk ketan putih lebih baik daripada ketan hitam berdasarkan nilai R^2 .

Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dalam pengembangan model pengeringan lapisan tipis gabah ketan selain 5 model yang digunakan dalam penelitian ini dengan kontrol suhu pengeringan, RH dan kecepatan aliran udara yang berbeda dengan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Basunia, M.A. dan M.A., Rabbani. 2011. *Best Fitted Thin-Layer Re-Wetting Model for Medium-Grain Rough Rice*. Journal of Stored Products and Postharvest Research Vol. 2 (9), Hal. 176-183.
- Brooker, D.B., F.W., Bakkerarkema dan C.W., Hall. 1981. *Drying Cereal Grains*. Avi Publishing Company Inc. West Port, Connecticut.
- Garavand, A.T., Shahin, R dan Alireza, K. 2011. *Mathematical Modeling of Thin Layer Drying Kinetics of Tomato Influence of Air Dryer Conditions*. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Science & Technologies Vol. 2, No. 2, Hal.147-160.
- Harrys, P.M.J. 2010. *Uji Lama Pengeringan dan Tebal Tumpukan pada Pengeringan Ubi Jalar dengan Alat Pengering Surya Tipe Rak*. Departemen Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Haryadi. 2008. *Teknologi Pengolahan Beras*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering. 3rd ed.* The AVI Publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA.
- Ismandari, T., L. Hakim, C. Hidayat, Supriyanto dan Y. Pranoto. 2008. *Pengeringan Kacang Tanah*

- (*Arachis hypogaeal*) Menggunakan Solar Dryer. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian. Yogyakarta.
- Istadi, S.S. dan D. Soetrisnanto. 2002. *Penentuan Konstanta Pengeringan dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Dring)*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia. Inovasi Produk Berkelanjutan, Hotel Sahid Jaya Jakarta.
- Kashaninejad, M., A. Mortazavi, A. Safekordi dan L.G., Tabil. 2007. *Thin Layer Drying Characteristics and Modeling of Pistachio Nuts*. Journal of Food Engineering Vol. 78, Hal. 98-108.
- Mahadi. 2007. *Model Sistem dan Analisa Pengering Produk Makanan*. USU Repository. Universitas Sumatera Utara.
- Meisami, asl E., S. Rafiee, A. Keyhani dan A. Tabatabaeefar. 2010. *Determination of Suitable Thin Layer Drying Curve Model for Apple Slices (variety-Golab)*. Plant Omics Journal POJ Vol. 3, No. 3, Hal.103-108.
- Nailufar, A.A., Basito, dan Choirul, A. 2012. *Kajian Karakteristik Ketan Hitam (Oryza sativa glutinosa) pada Beberapa Jenis Pengemas Selama Penyimpanan*. Jurnal Teknosains Pangan Vol. 1, No. 1, Hal. 121-132.
- Shyamali, A.K., H.H.E., Jayaweera dan T.R., Ariyaratne. 2009. *Thin-layer Drying of Some Sri Lankan Paddy Varieties Under Low Humid Conditions*. Centre for Instrument Development. Department of Physics. University of Colombo.
- Singh, R.P. dan D.R., Heldman, 2009. *Introduction to Food Engineering*. Academic Press, Elsevier.
- Sitkei, G. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Developments in Agricultural Engineering 8. Elsevier Science Publishers. Budapest, Hungary.
- Taib, G., Sa'id, E.G., dan Wiraatmaja, S. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Taufiq, M. 2004. *Pengaruh Temperatur terhadap Laju Pengeringan Jagung pada Pengering Konvensional dan Fluidized Bed*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Widyotomo, S. dan Sri, M. 2005. *Penentuan Karakteristik Pengeringan Kopi Robusta Lapis Tebal. Study of Drying Characteristic Robusta Coffe with Thick Layer Drying Method*. Buletin Ilmiah INSTIPER Vol. 12, No. 1, Hal. 15-37.
- Winarno, F.G. 1984. *Padi dan Beras*. Riset Pengembangan Teknologi Pangan. IPB. Bogor.