

STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI SOLAR TUNNEL DRYING PADA PROSES PRODUKSI TIWUL INSTAN

Fifi Sutanto Darmadi dan Kristina Ananingsih

Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian

Unika Soegijapranata Semarang

ABSTRACT

Instant Tiwul, food made from dried cassava is one form of the modernisation of traditional food. With the liberalization of the global trade, and the fact that the consumers are more and more demanding on standardized processing and product, production for instant Tiwul with Open-Air Sun Drying can not perform to produce a quality product in general as well methodically. This research aimed at giving a real illustration of implementation of solar tunnel drying technology specifically for instant Tiwul processing. Effects of drying methods (Open-Air Sun Drying, Solar Tunnel Drying and Cabinet Drying) and pre drying treatment - hot water blanching to process- and product quality parameters were analysed in this research. The research result showed Solar Tunnel Drying had given a tendency the best process- and product quality parameters and remembering Solar Tunnel Drying as an environmental friendly technology, therefore its implementation for instant Tiwul production is recommended.

Keywords: *Drying Technology, Open-Air Sun Drying, Solar Tunnel Drying, hot water blanching and instant Tiwul*

PENDAHULUAN

Penganekaragaman pangan (diversifikasi pangan) sangat penting untuk terus digiatkan di Indonesia, mengingat potensi sumber daya alamnya yang memadai. Diversifikasi pangan merupakan langkah yang tepat untuk memecahkan pemenuhan kebutuhan pangan khususnya makanan pokok sumber karbohidrat sebagai pengganti beras. Pangan sumber karbohidrat dapat berasal dari sereal atau umbi-umbian, salah satunya adalah singkong. Menurut klasifikasi biologi singkong dikenal dengan nama ilmiah *Manihot esculenta* Crantz yang merupakan golongan keluarga atau famili *Euphorbiaceae*. Kandungan gizi singkong dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Singkong

Komponen gizi	Unit	Komposisi tiap 100 gram
Air	gram	59.68
Kalori	kkal	160
Protein	gram	1.36
Lemak	gram	0.28
Abu	gram	0.62
Karbohidrat	gram	38.06
Serat	gram	1.8
Gula	gram	1.70

Sumber: USDA (2003)

Tiwul, menurut Ensiklopedia Nasional (1991) adalah makanan dari gaplek singkong yang ditumbuk atau dihaluskan kemudian dikukus, menjadi salah satu pilihan untuk penganekaragaman pangan. Modernisasi Tiwul juga telah dilakukan di beberapa daerah di

Pulau Jawa dengan pengembangan produk Tiwul Instan yang memungkinkan penyajian yang jauh lebih praktis dan umur simpan yang panjang. Proses pengeringan diperlukan dalam pengolahan Tiwul Instan. Pengeringan bertujuan memperpanjang umur simpan dengan mengurangi kadar air bahan untuk menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim.

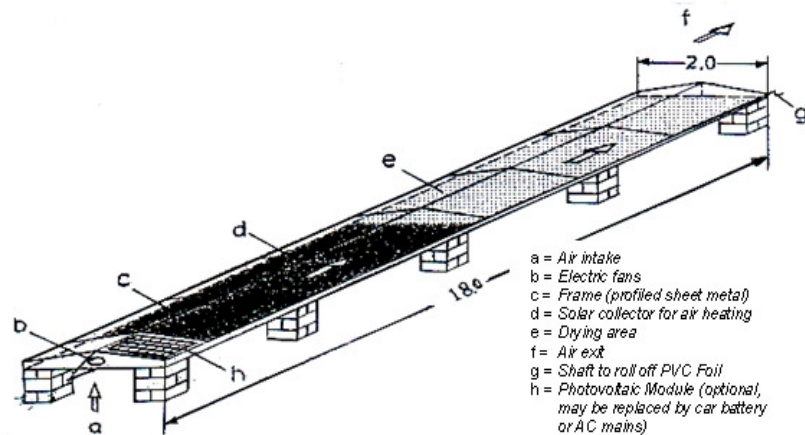
Di dalam singkong terkandung racun yang dikenal dengan nama *cyanogenic glucosides*, *linamarin* dan *lotaustralin*. Semua senyawa tersebut kemudian diubah menjadi HCN dengan adanya enzim linamarase, yang terdapat secara alami di dalam singkong. Adanya HCN yang dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan terjadinya alergi (O'Hair, 1995). Beberapa teknik pengolahan dengan pemanasan dapat dipergunakan untuk menghilangkan HCN dalam singkong. Proses penghancuran dan penghalusan produk segar yang kemudian diikuti dengan *drying* akan menghilangkan HCN sebesar 95% *cyanogen*. Metode ini adalah metode yang efektif untuk menghilangkan *cyanogen* (Nambisan, 2007).

Blanching merupakan perlakuan pemanasan dalam air mendidih atau uap panas. Hampir sebagian besar sayuran harus di-*blanching* sebelum proses pengeringan untuk inaktivasi enzim penyebab *browning*, mengurangi mikroorganisme di permukaan bahan, membuat sayuran menjadi lebih mudah untuk direhidrasi (Fellows, 2000) dan mempersingkat waktu pengeringan (Wagner *et al.*, 1995). *Hot water blanching* lebih banyak menghilangkan nilai gizi tetapi lebih mempersingkat waktu *blanching* dibandingkan dengan

menggunakan *steam blanching* (Wagner *et al.*, 1995).

Adanya kecenderungan tuntutan mutu produk dan proses terstandarisasi semakin meluas pada era perdagangan bebas global ini. Keamanan pangan yang merupakan persyaratan utama dan terpenting dari seluruh parameter mutu pangan yang ada sehingga sangat vital bagi industri dan bisnis pangan. Proses pengeringan ala *open-air sun drying* pada pengolahan Tiwul Instan yang tidak sempurna menghasilkan produk yang berkualitas rendah dan tidak aman dengan warnanya yang kecoklatan dan ada bercak-bercak kehitaman yang mengindikasikan masih adanya asam sianida atau cemaran jamur. Perbaikan kualitas produk, minimasi kerugian, reduksi waktu pengeringan dan waktu bekerja tentunya hanya dapat direalisasi dengan penerapan metode pengeringan yang tepat guna. Teknologi pengeringan yang dapat diterapkan dalam pembuatan Tiwul Instan adalah *Solar Tunnel Drying* dan *Cabinet Drying*.

Solar Tunnel Drying (STD) adalah sebuah teknologi pengeringan dengan sederhana tenaga matahari dan berbentuk terowongan, yang pada awalnya dikembangkan di Jerman. Pengembangan teknologi tersebut memungkinkan sebuah alternatif alat pengering tepat guna yang ramah lingkungan, memungkinkan produksi yang murah dan berkualitas dan juga mempertimbangkan persyaratan cara bekerja yang baik (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Innotech Booklet). Konstruksi Solar Tunnel Dryer dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Konstruksi Solar Tunnel Dryer

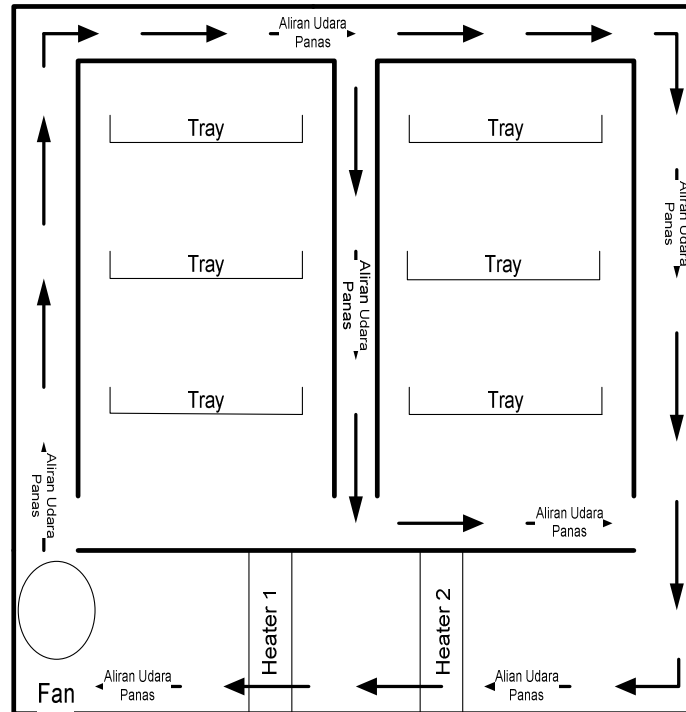
Contoh spesifikasi *Solar Tunnel Dryer* dapat dilihat dari STD tipe TGR/10 sebagai berikut:

Berat	: ± 450 kg
Ukuran (p x l)	: 18 x 2 m
Luas bagian kolektor	: 16 m ²
Luas bagian pengeringan	: 20 m ²
Tenaga yang dibutuhkan	: 12 volt / 50 watt
Kecepatan udara rata-rata	: 400 – 1200 m ³ /jam
Suhu rata-rata	: 30 – 80°C
Kapasitas pengeringan	: 250 – 300kg bahan mentah

Selama proses pengeringan dengan STD, produk-produk terlindungi dari pengaruh perubahan cuaca, insekta, burung, dan debu. Di siang hari pada suhu terkendali sekitar 60°C di *drying area* akan dapat membunuh insekta-insekta yang mungkin terikut, misalnya sewaktu pengisian bahan baku. Jika memang diperlukan dapat juga dicapai suhu diatas 80°C di *drying area* dengan penghentian sementara aliran udara, yang cukup untuk membunuh mikroorganisme patogen. (Muehlbauer and Esper, 2001; Hensel and Esper, 2002; Sutanto-Darmadi, 2005)

Pengeringan Tiwul Instan juga dapat dilakukan dengan metode *Cabinet*

Drying yaitu pengeringan dengan menggunakan *trays* atau rak untuk menampung produk yang selanjutnya diberi aliran udara panas untuk mengeringkan produk. Aliran udara panas melewati permukaan bahan pangan dilakukan dengan kecepatan yang tinggi untuk menjamin efisiensi proses karena adanya perpindahan panas dan massa air (Singh, 2000). Suhu pengeringan yang biasa digunakan untuk pengeringan bahan pangan antara 60-70°C. *Fan* digunakan untuk mengontrol sirkulasi udara (Safriet, 1995). Konstruksi *Cabinet Dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Konstruksi *Cabinet Dryer*

Spesifikasi *Cabinet Dryer* yang digunakan dalam penelitian ini :

Power S Cord : tiga kawat (dengan kabel yang diambungkan ke tanah)
 Motor : ½ HP W/230 Vac /50/60 Hz
 Heating : Tubular Type 230 Vac / 1000W
 Exhaust System : Exh Fan (main hole intake ½ inch)

Batasan waktu penyimpanan produk pangan dapat diketahui dengan menentukan umur simpannya. Umur simpan merupakan batas kisaran waktu sejak makanan atau minuman selesai diolah/diproduksi hingga sampai ke konsumen dalam kondisi baik (Winarno,1993; Labuza,1979).

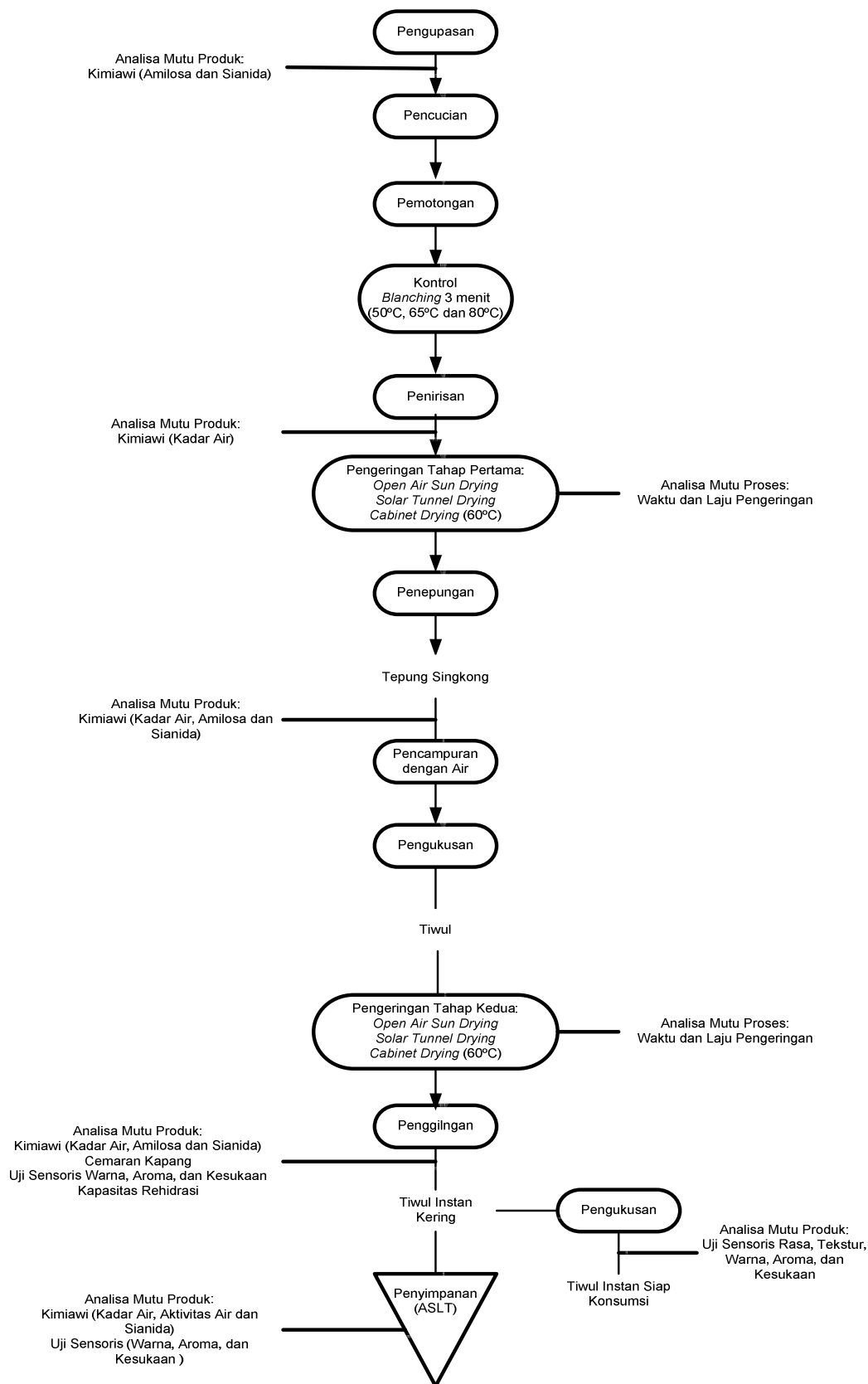
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui secara empirik pengaruh metode pengeringan (*Open-Air Sun Drying* (SD), *Solar Tunnel Drying* (STD) dan *Cabinet Drying* (CD) dengan suhu 60°C) dan perlakuan awal sebelum pengeringan *hot water blanching* (*non blanching*, suhu 50, 65 dan 80°C) pada pengolahan tiwul instan terhadap parameter proses: laju- dan waktu

pengeringan serta mutu produk: sensoris, kadar air, kandungan amilosa, kemampuan rehidrasi, cemaran kapang dan umur simpan.

BAHAN DAN METODE

Desain Penelitian Pengolahan Produk Tiwul Instan

Penelitian dilakukan dengan pentahapan sesuai dengan Gambar 3. Suhu dan waktu *blanching* yang digunakan mengacu pada hasil penelitian pendahuluan yaitu 50°C, 65°C dan 80°C selama 3 menit. Setelah perlakuan *blanching*, singkong segera dikeringkan dengan metode *Open-Air Sun Drying* (SD), *Solar Tunnel Drying* (STD) dan *Cabinet Drying* (CD) pada suhu 60°C.



Gambar 1: Desain Penelitian

Pengeringan tahap pertama ini akan menghasilkan gaplek singkong yang kemudian digiling menjadi Tepung Singkong (TS) dan diuji kadar air, kandungan amilosa, dan kandungan sianida. TS kemudian dicampur dengan air dan lalu dikukus di atas air mendidih selama ± 7 menit. Setelah pengukusan kemudian dilanjutkan dengan tahap pengeringan kedua. Pengeringan tahap kedua juga dilakukan dengan ketiga metode pengeringan tersebut. Selama tahap pengeringan dilakukan penimbangan berat sampel untuk mendapatkan data dalam pembuatan fungsi kadar air terhadap waktu dan -laju pengeringan. Tiwul Instan Kering (TIK) yang dihasilkan akan diujikan kapasitas rehidrasi, kadar air, kandungan amilosa, kandungan sianida, cemaran kapang, dan sensorisnya. Pengujian sensoris dilakukan juga untuk Tiwul Instan Siap Konsumsi (TISK). Penyimpanan 28hari ASLT dilakukan hanya pada TIK dengan perlakuan blanching yang terbaik dari

hasil sebelumnya. Selama penyimpanan 28 hari ASLT diambil 7 titik pengujian untuk mengetahui perubahan kandungan sianida, -aktivitas air-, -cemaran kapang. Pengujian sensoris dilakukan pada TIK dengan umur simpan 28 hari ASLT. Data pengujian kadar air TIK selama penyimpanan diperlukan untuk memprediksi umur simpan produk dengan batasan kadar air 10%.

Model Laju Pengeringan dan Waktu Pengeringan

Untuk mendapatkan laju- dan waktu pengeringan, dilakukan pengukuran periodis berat sampel (m_t) selama pengeringan. Hasil pengukuran berat dimasukan dalam Rumus (1/2) yang merupakan hasil interpolasi dibawah ini untuk mendapatkan kadar air sampel pada waktu $t(y_t)$. Sebelum pengeringan dilakukan pengukuran kadar air pada sampel (y_0) dengan metode thermogravimetri.

$$\frac{m_0 - m_{(y=0\%)}}{m_t - m_{(y=0\%)}} = \frac{y_0}{y_t}$$

Rumus (1)

$$y_t = \frac{(m_t - m_{(y=0\%)}) \cdot y_0}{(m_0 - m_{(y=0\%)})}$$

Rumus (2)

$$m_t = \left(\frac{y_t \cdot (m_0 - m_{(y=0\%)})}{y_0} \right) + m_{(y=0\%)}$$

Rumus (3)

Keterangan:

m_0 = massa sampel pada $t = 0$ jam (gr)

m_t = massa sampel pada $t =$ tertentu atau pada saat kadar air yang diinginkan (gr)

$m_{(y=0\%)}$ = massa sampel pada saat kadar air 0% (gr)

y_0 = kadar air sampel pada saat $t = 0$ (%)

y_t = kadar air sampel t (%)

t = waktu pengeringan (jam)

Untuk mendapatkan model kadar air terhadap waktu, data y_t disimulasikan dengan *nonlinear regression* menggunakan *SPSS 11.5 for Windows* dengan fungsi model eksponensial (lihat Rumus (2)). Hasil simulasi akan memberikan nilai konstanta 1 (K_1), konstanta 2 (K_2) dan determinasi koefisien (R^2). Model fungsi kadar air

$$y(t) = K_1 \cdot \exp(K_2 \cdot t) \quad \text{Rumus (4)}$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = K_2 \cdot K_1 \cdot \exp(K_2 \cdot t) \quad \text{Rumus (5)}$$

$$\begin{aligned} y(t) &= K_1 \cdot \exp(K_2 \cdot t) \\ \Rightarrow \ln y(t) &= \ln K_1 \cdot \exp(K_2 \cdot t) \\ \Rightarrow \ln y(t) &= \ln K_1 + K_2 \cdot t \\ \Rightarrow t(y) &= \frac{\ln y(t) - \ln K_1}{K_2} \\ \Rightarrow t(y = 7\%) &= \frac{\ln 7 - \ln K_1}{K_2} \end{aligned} \quad \text{Rumus (6)}$$

Keterangan :

t = waktu pengeringan (jam)
 $y(t)$ = fungsi kadar air terhadap waktu t (%)
 $\frac{dy(t)}{dt}$ = fungsi laju pengeringan (%/jam)
 K_1 = konstanta 1
 K_2 = konstanta 2

Analisa Mutu Produk

Dalam pengujian mutu produk dilakukan analisa kadar air (Sudarmadji et al., 1989), analisa kadar amilosa (Apriyantonno et al., 1989), analisa kadar sianida (Kakes, 1998), pengujian Cemaran Kapang (SNI 19-2897-1992), pengujian kapasitas rehidrasi (Holtz et al., 2003), pengujian aktivitas air dengan alat Rotronic HygroPalm Aw-meter yang mempunyai range Aw antara 0,000-1,000, serta pengujian sensoris.

terhadap waktu yang didapatkan untuk masing-masing perlakuan kemudian diturunkan untuk mendapatkan model fungsi laju pengeringannya (lihat Rumus 3). Waktu pengeringan ($t(y=7\%)$) untuk mendapatkan produk TS dan TIK dengan kadar air 7% untuk masing-masing perlakuan didapatkan dengan perhitungan Rumus (4) menjadi Rumus (6).

Penyimpanan *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT)

Produk Tiwul Instan yang sudah dikemas kemudian disimpan selama 28 hari pada suhu 40 °C dan kelembaban udara 80%. Parameter mutu produk akhir yang diujikan selama 7 titik waktu penyimpanan ASLT adalah kadar air, aktivitas air, kandungan sianida dan cemaran kapang. Uji sensoris dilakukan pada produk dengan umur simpan ASLT 28 hari. Dengan menggunakan persamaan Arrhenius pada penyimpanan ASLT,

maka pada kondisi normal (suhu kamar) umur simpan bahan pangan dapat diketahui dengan perhitungan dibawah ini:

$$Q\delta T/10 = t_s (T1)/t_s (T2)$$

dimana : $Q\delta T/10$ = faktor percepatan

$t_s (T1)$ = masa kadaluarsa jika disimpan pada suhu $T^{\circ}C$

$t_s (T2)$ = masa kadaluarsa jika disimpan pada suhu $T + 10^{\circ}C$

$Q10$ yang akan digunakan dalam prediksi umur simpan adalah 4, karena produk Tiwul Instan termasuk produk kering yang tidak mudah teroksidasi.

Analisa Data

Analisa perbedaan hasil pengujian mutu produk antar perlakuan serta selama penyimpanan diolah dengan *Two Way Analysis of Varians (ANOVA)* pada tingkat kepercayaan 95% dengan piranti lunak *SPSS for Windows*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air, Waktu dan Laju Pengeringan

Kadar air tepung singkong dan tiwul instan kering dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3, sedangkan waktu pengeringan pada kadar air 7 % dan fungsi kadar air serta laju pengeringan terhadap waktu pada pengeringan tahap pertama dan tahap kedua dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Adanya *solar collector* pada STD menyebabkan suhu area pengeringan lebih tinggi sehingga waktu pengeringan paling cepat. Pada metode SD suhu pengeringan bergantung pada panas sinar matahari, sehingga waktu pengeringan paling lama. CD waktu lebih lama karena belum adanya sistem sirkulasi udara yang baik. Pada tahap pengeringan pertama, semakin tinggi suhu *blanching* waktu pengeringan semakin lama, karena gelatinasi pati singkong akan menyebabkan ikatan molekul yang lebih rapat sehingga memperlambat proses pengeringan. Pada tahap pengeringan kedua, semakin tinggi suhu *blanching*, semakin cepat pengeringan tiwul menjadi tiwul instan. Hal ini karena gelatinasi telah terjadi saat proses pengukusan, sehingga *blanching* pada suhu $80^{\circ}C$ dengan struktur pori yang lebih besar mengalami pengeringan tercepat.

Mutu Produk

Tabel 2: Kadar Air Sampel Sebelum Pengeringan dan Tepung Singkong

	Kadar Air Sebelum Pengeringan (%)			Kadar Air Tepung Singkong (%)		
	STD	SD	CD	STD	SD	CD
Pengeringan						
Perlakuan						
<i>Blanching</i> 80	$76,78 \pm 0,34$	$84,85 \pm 0,33$	$85,00 \pm 0,36$	$7,43 \pm 0,28$	$7,42 \pm 0,34$	$7,38 \pm 0,12$
<i>Blanching</i> 65	$73,30 \pm 0,17$	$75,68 \pm 0,30$	$73,20 \pm 0,20$	$7,45 \pm 0,22$	$7,57 \pm 0,18$	$7,43 \pm 0,25$
<i>Blanching</i> 50	$76,67 \pm 0,34$	$84,66 \pm 0,24$	$75,27 \pm 0,43$	$7,50 \pm 0,27$	$7,61 \pm 0,30$	$7,37 \pm 0,25$
<i>Non Blanching</i>	$58,95 \pm 0,33$	$74,71 \pm 0,28$	$50,30 \pm 0,33$	$7,63 \pm 0,19$	$7,42 \pm 0,34$	$7,66 \pm 0,12$

Tabel 3: Kadar Air Tiwul dan Tiwul Instan Kering

Pengerian Perlakuan	Kadar Air Tiwul (%)			Kadar Air Tiwul Instan Kering (%)		
	STD	SD	CD	STD	SD	CD
<i>Blanching</i> 80	43,34 ± 0,38	39,00 ± 0,63	41,57 ± 0,33	7,41 ± 0,26	7,70 ± 0,16	7,33 ± 0,25
<i>Blanching</i> 65	47,94 ± 0,23	42,34 ± 0,64	42,34 ± 0,49	7,35 ± 0,29	7,13 ± 0,17	7,36 ± 0,22
<i>Blanching</i> 50	48,09 ± 0,18	47,70 ± 0,56	47,70 ± 0,13	7,64 ± 0,19	7,63 ± 0,18	7,41 ± 0,31
<i>Non Blanching</i>	41,57 ± 0,44	45,71 ± 0,33	39,00 ± 0,34	7,44 ± 0,08	7,60 ± 0,18	7,33 ± 0,14

Keterangan:

STD: *Solar Tunnel Drying*, SD: *Open-Air Sun Drying*, CD: *Cabinet Drying*.

Tabel 4: Fungsi Kadar Air dan – Laju Pengerian terhadap Waktu pada Pengerian Tahap Pertama

Perlakuan	Fungsi Kadar Air terhadap Waktu (y(t))	R ²	Fungsi Laju Pengerian terhadap Waktu (y'(t))	Waktu pada kadar air 7% (t(y=7%)) (jam)
STD 80	73,114 exp (-0,798t)	0,98099	-58,345 exp (-0,798t)	2,9
STD 65	71,797 exp (-0,857t)	0,99474	-61,529 exp (-0,857t)	2,7
STD 50	72,509 exp (-0,849t)	0,96766	-61,570 exp (-0,849t)	2,8
STD K	58,243 exp (-1,376t)	0,99133	-80,129 exp (-1,376t)	1,5
SD 80	80,606 exp (-0,414t)	0,97313	-33,377 exp (-0,414t)	5,9
SD 65	72,195 exp (-0,435t)	0,97376	-31,401 exp (-0,435t)	5,4
SD 50	83,142 exp (-0,387t)	0,99514	-32,143 exp (-0,387t)	6,4
SD K	71,694 exp (-0,409t)	0,98317	-29,303 exp (-0,409t)	5,7
CD 80	82,715 exp (-0,357t)	0,99199	-29,540 exp (-0,357t)	6,9
CD 65	73,280 exp (-0,414t)	0,99032	-30,357 exp (-0,414t)	5,7
CD 50	70,734 exp (-0,489t)	0,97876	-34,597 exp (-0,489t)	4,7
CD K	50,395 exp (-0,670t)	0,99877	-33,740 exp (-0,670t)	2,9

Tabel 5: Fungsi Kadar Air dan – Laju Pengerian terhadap Waktu pada Pengerian Tahap Kedua

Perlakuan	Fungsi Kadar Air terhadap Waktu (y(t))	R ²	Fungsi Laju Pengerian terhadap Waktu (y'(t))	Waktu pada kadar air 7% (t(y=7%)) (jam)
STD 80	42,232 exp (-0,706t)	0,98746	-29,828 exp (-0,706t)	2,5
STD 65	45,898 exp (-0,639t)	0,98211	-29,341 exp (-0,639t)	2,9
STD 50	46,800 exp (-0,482t)	0,98371	-22,562 exp (-0,482t)	3,9
STD K	43,403 exp (-0,305t)	0,94318	-13,248 exp (-0,305t)	6,0
SD 80	39,420 exp (-0,341t)	0,95246	-13,457 exp (-0,341t)	5,1
SD 65	42,944 exp (-0,366t)	0,98419	-15,721 exp (-0,366t)	5,0
SD 50	48,900 exp (-0,313t)	0,96941	-15,317 exp (-0,313t)	6,2
SD K	42,239 exp (-0,490t)	0,94591	-20,681 exp (-0,490t)	3,7
CD 80	41,895 exp (-0,596t)	0,99741	-24,981 exp (-0,596t)	3,0
CD 65	42,148 exp (-0,366t)	0,99131	-15,432 exp (-0,366t)	4,9
CD 50	48,203 exp (-0,303t)	0,97978	-14,591 exp (-0,303t)	6,4
CD K	39,715 exp (-0,340t)	0,99579	-13,522 exp (-0,340t)	5,1

Kandungan Amilosa

Tabel 6: Kandungan Amilosa pada Tepung Singkong

Perlakuan	Kandungan Amilosa (%)		
	STD	SD	CD
Blanching 80°C	24,92 ± 0,15 ^{a1}	24,26 ± 0,76 ^{b1}	23,79 ± 0,87 ^{c1}
Blanching 65°C	27,10 ± 2,07 ^{a2}	27,08 ± 0,89 ^{b2}	25,26 ± 0,30 ^{c2}
Blanching 50°C	29,02 ± 1,40 ^{a3}	27,74 ± 1,52 ^{b3}	27,38 ± 0,26 ^{c3}
Non Blanching	35,44 ± 0,35 ^{a4}	34,70 ± 0,97 ^{b4}	31,68 ± 0,88 ^{c4}

Tabel 7 : Kandungan Amilosa pada Tiwul Instan Kering

Perlakuan	Kandungan Amilosa (%)		
	STD	SD	CD
Blanching 80°C	20,92 ± 0,68 ^{a1}	19,87 ± 0,33 ^{b1}	17,59 ± 0,21 ^{c1}
Blanching 65°C	23,92 ± 0,86 ^{a2}	23,37 ± 0,21 ^{b2}	21,83 ± 0,10 ^{c2}
Blanching 50°C	27,40 ± 0,21 ^{a3}	25,31 ± 0,24 ^{b3}	24,07 ± 0,38 ^{c3}
Non Blanching	30,75 ± 0,66 ^{a4}	29,15 ± 1,14 ^{b4}	26,17 ± 0,21 ^{c4}

Penurunan jumlah amilosa diharapkan karena tekstur produk menjadi lebih lekat dan kenyal. Proses *blanching* dan pengeringan tahapan pertama dan kedua menurunkan kandungan amilosa. Penurunan lebih besar pada proses *blanching*. *Blanching* dengan panas yang

lebih tinggi (80 °C) menurunkan kandungan amilosa lebih besar, karena amilosa larut dalam air panas dan proses gelatinasi yang menurunkan jumlah amilosa (ikatan intermolekuler rusak dan produk mengikat banyak air).

Sianida

Tabel 8: Kandungan Sianida pada Tepung Singkong

Perlakuan	Kandungan Sianida (ppm)		
	STD	SD	CD
Blanching 80°C	0,92 ± 0,10 ^{a1}	1,59 ± 0,22 ^{b1}	1,12 ± 0,19 ^{c1}
Blanching 65°C	1,13 ± 0,15 ^{a2}	2,09 ± 0,33 ^{b2}	1,41 ± 0,19 ^{c2}
Blanching 50°C	1,64 ± 0,18 ^{a3}	2,90 ± 0,32 ^{b3}	2,04 ± 0,23 ^{c3}
Non Blanching	2,72 ± 0,15 ^{a4}	4,56 ± 0,13 ^{b4}	3,61 ± 0,45 ^{c4}

Tabel 9: Kandungan Sianida pada Tiwul Instan Kering

Perlakuan	Kandungan Sianida (ppm)		
	STD	SD	CD
Blanching 80°C	0,75 ± 0,08 ^{a1}	1,30 ± 0,18 ^{b1}	0,91 ± 0,15 ^{c1}
Blanching 65°C	0,92 ± 0,12 ^{a2}	1,70 ± 0,27 ^{b2}	1,14 ± 0,14 ^{c2}
Blanching 50°C	1,34 ± 0,15 ^{a3}	2,36 ± 0,26 ^{b3}	1,66 ± 0,19 ^{c3}
Non Blanching	2,21 ± 0,12 ^{a4}	3,72 ± 0,11 ^{b4}	2,94 ± 0,37 ^{c4}

Proses *blanching* dan pengeringan tahap pertama dan kedua menurunkan kandungan sianida. *Blanching* memberikan penurunan yang lebih tinggi dibandingkan tahap pengeringan. *Blanching* dengan suhu yang lebih tinggi memberikan penurunan sianida yang

lebih banyak, karena senyawa prekursor yang menyebabkan terbentuknya sianida sangat mudah larut air dan tidak tahan pemanasan. Metode STD memberikan penurunan sianida tertinggi dibandingkan metode SD dan CD, karena suhu pengeringan yang lebih tinggi

Cemaran Kapang

Tabel 10: Cemaran Kapang pada Tiwul Instan Kering

Perlakuan	Cemaran Kapang (log CFU/g)		
	STD	SD	CD
<i>Blanching</i> 80°C	2,90 ± 0,01 ^{a1}	3,12 ± 0,16 ^{b1}	2,89 ± 0,18 ^{c1}
<i>Blanching</i> 65°C	3,40 ± 0,08 ^{a2}	3,51 ± 0,10 ^{b2}	2,92 ± 0,18 ^{c2}
<i>Blanching</i> 50°C	3,49 ± 0,17 ^{a3}	3,67 ± 0,06 ^{b3}	3,19 ± 0,16 ^{c3}
<i>Non Blanching</i>	3,71 ± 0,12 ^{a4}	3,85 ± 0,20 ^{b4}	3,64 ± 0,16 ^{c4}

Metode SD menghasilkan produk dengan jumlah kapang yang paling tinggi, karena pengeringan dilakukan di udara terbuka. Sedangkan jumlah kapang lebih rendah pada metode STD dan CD karena adanya penutup plastik *Polyethylene* pada STD dan area pemanasan yang tertutup pada CD. Semakin tinggi suhu *blanching*

(80 °C) maka jumlah cemaran kapang akan semakin rendah. Perlakuan *blanching* dapat mematikan kapang, karena kapang akan mati dengan proses pemanasan basah dengan menggunakan suhu 60 °C selama 5 menit (Fraizier dan Dennis, 1988).

Kemampuan Rehidrasi

Tabel 11: Kemampuan Rehidrasi Tiwul Instan Kering

Parameter	Perlakuan <i>Blanching</i>	Pengeringan		
		STD	SD	CD
Berat Akhir (g)	80°C	9,88 ± 0,31	9,29 ± 0,15	9,58 ± 0,25
	65°C	9,45 ± 0,18	9,02 ± 0,24	9,04 ± 0,35
	50°C	9,05 ± 0,25	8,75 ± 0,30	8,72 ± 0,19
	<i>Non Blanching</i>	8,35 ± 0,24	8,24 ± 0,22	8,32 ± 0,24
	80°C	0,98 ± 0,06 ^{b4}	0,86 ± 0,03 ^{a4}	0,92 ± 0,05 ^{a4}
<i>Rehydration Capacity</i> (g basah/g kering)	65°C	0,89 ± 0,04 ^{b3}	0,80 ± 0,05 ^{a3}	0,81 ± 0,07 ^{a3}
	50°C	0,81 ± 0,05 ^{b2}	0,75 ± 0,06 ^{a2}	0,74 ± 0,04 ^{a2}
	<i>Non Blanching</i>	0,67 ± 0,05 ^{b1}	0,65 ± 0,05 ^{a1}	0,66 ± 0,05 ^{a1}
	80°C	0,24 ± 0,02 ^{b4}	0,21 ± 0,01 ^{a4}	0,23 ± 0,01 ^{a4}
	65°C	0,22 ± 0,01 ^{b3}	0,20 ± 0,01 ^{a3}	0,20 ± 0,02 ^{a3}
<i>Rehydration Rate</i> (1/ menit)	50°C	0,20 ± 0,01 ^{b2}	0,19 ± 0,02 ^{a2}	0,19 ± 0,01 ^{a2}
	<i>Non Blanching</i>	0,17 ± 0,01 ^{b1}	0,16 ± 0,01 ^{a1}	0,17 ± 0,01 ^{a1}

Semakin tinggi suhu *blanching*, semakin tinggi kemampuan rehidrasi, karena pori-pori menjadi terbuka dan jumlah air yang keluar sel semakin banyak (Swanson, 2003). STD memberikan kemampuan rehidrasi terbaik karena waktu pengeringan yang singkat dan suhu yang tinggi

Analisa Sensoris

STD menghasilkan Tiwul Instan dengan tingkat kesukaan dan aroma

terbaik. Hal ini terjadi karena waktu pengeringan yang cepat. *Blanching* suhu 80 °C menghasilkan tingkat kesukaan yang terbaik dan tekstur produk yang lebih kenyal (kandungan amilosa lebih rendah). Produk Tiwul Instan mempunyai warna kekuningan karena adanya *browning* non enzimatis saat *blanching*. Namun, perlakuan *blanching* memberikan warna yang lebih cerah dibandingkan *non blanching*.

Tabel 12: Skor Rata-Rata Analisa Sensoris pada Tiwul Instan Kering pada Umur Simpan 1 Hari

Parameter	Perlakuan <i>Blanching</i>	Pengeringan		
		STD	SD	CD
Kesukaan	80°C	3,00 ± 0,87	2,93 ± 1,02	3,23 ± 0,97
	65°C	3,53 ± 1,11	2,23 ± 0,77	2,47 ± 1,01
	50°C	3,70 ± 1,29	3,57 ± 0,94	3,53 ± 0,82
Warna	<i>Non Blanching</i>	2,97 ± 1,30	3,03 ± 0,67	3,17 ± 0,99
	80°C	2,70 ± 0,60	3,50 ± 0,78	2,70 ± 0,84
	65°C	4,27 ± 0,69	3,30 ± 0,60	2,40 ± 0,56
Aroma	50°C	4,33 ± 0,76	4,03 ± 0,72	2,63 ± 0,93
	<i>Non Blanching</i>	1,77 ± 1,10	2,67 ± 0,66	2,67 ± 0,61
	80°C	3,33 ± 0,88	2,50 ± 0,90	2,07 ± 0,74
	65°C	2,97 ± 1,13	2,10 ± 0,85	2,00 ± 1,15
	50°C	2,43 ± 1,25	2,80 ± 1,00	2,13 ± 0,94
	<i>Non Blanching</i>	4,33 ± 0,61	2,60 ± 0,81	2,30 ± 0,99

Tabel 13: Skor Rata-Rata Analisa Sensoris pada Tiwul Instan Siap Konsumsi

Parameter	Perlakuan <i>Blanching</i>	Pengeringan		
		STD	SD	CD
Kesukaan	80°C	3,07 ± 0,52	3,00 ± 0,70	2,63 ± 0,93
	65°C	2,87 ± 0,82	2,80 ± 1,13	2,83 ± 1,12
	50°C	2,83 ± 0,65	2,70 ± 0,75	2,67 ± 0,80
Warna	<i>Non Blanching</i>	2,93 ± 0,79	2,90 ± 0,85	2,70 ± 1,20
	80°C	2,80 ± 0,71	3,23 ± 0,77	3,17 ± 0,91
	65°C	3,53 ± 0,97	3,43 ± 0,82	4,07 ± 1,14
Aroma	50°C	2,43 ± 0,63	2,90 ± 1,03	3,30 ± 0,92
	<i>Non Blanching</i>	1,73 ± 1,36	2,33 ± 0,76	2,97 ± 0,67
	80°C	3,07 ± 1,14	2,73 ± 1,14	2,33 ± 1,49
Tekstur	65°C	2,57 ± 1,07	2,63 ± 0,72	2,40 ± 1,00
	50°C	2,77 ± 1,04	3,03 ± 0,96	2,63 ± 0,96
	<i>Non Blanching</i>	2,97 ± 1,30	3,17 ± 1,23	3,00 ± 1,02
Rasa	80°C	3,03 ± 0,96	3,23 ± 1,22	2,50 ± 1,11
	65°C	2,47 ± 0,63	2,37 ± 1,00	2,87 ± 1,17
	50°C	3,27 ± 1,02	3,60 ± 0,86	3,70 ± 0,99
	<i>Non Blanching</i>	3,70 ± 1,09	3,30 ± 1,26	3,67 ± 0,92
	80°C	2,90 ± 0,76	3,03 ± 0,72	2,40 ± 0,89
	65°C	2,50 ± 0,86	2,43 ± 0,97	2,47 ± 1,14
	50°C	2,87 ± 0,73	2,93 ± 0,69	2,77 ± 0,97
	<i>Non Blanching</i>	3,07 ± 1,05	2,97 ± 1,03	3,20 ± 1,24

Penyimpanan

Umur simpan dengan batasan kadar air 10% adalah 316 hari dengan metode SD, 374,2 hari dengan STD dan 494 hari dengan CD. Kandungan sianida selama penyimpanan 28 hari ASLT tidak memberikan perubahan nyata antara metode pengeringan dan antara hari penyimpanan. Tidak ada cemaran kapang selama penyimpanan 28 hari ASLT pada metode STD dan CD, dan pada SD hanya pada hari ke- 8 ada cemaran kapang sebesar $1,13 \pm 1,59$ log CFU/g. Aktivitas

air selama penyimpanan 28 hari ASLT menunjukkan ada peningkatan nyata selama hari penyimpanan dan metode SD memberikan aktivitas air yang lebih tinggi dibandingkan metode CD dan STD. Hasil sensoris produk TIK pada hari penyimpanan ASLT ke28, kesukaan yang terbaik diberikan oleh STD dengan rata-rata penilaian $3,27 \pm 0,83$ (cukup suka), warna terputih oleh CD dengan $3,67 \pm 0,88$ (warna cenderung putih) dan aroma terkuat oleh STD dengan $2,90 \pm 1,03$ (aroma singkong cenderung sedang).

Tabel 14: Kandungan Sianida selama Penyimpanan ASLT pada TIK

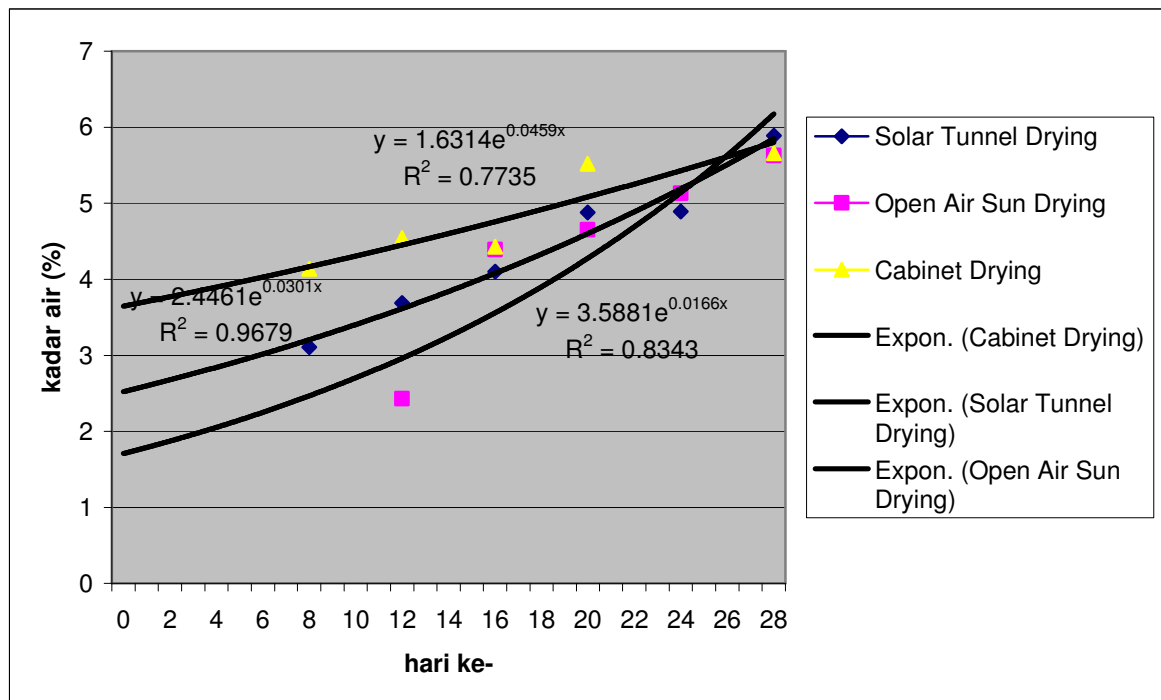
Pengerangan	Penyimpanan ASLT Hari ke-						
	0	8	12	16	20	24	28
<i>Solar Tunnel Drying</i>	0,61 ± 0,00 ^{a1}	0,61 ± 0,00 ^{a1}	0,63 ± 0,01 ^{a1}	0,60 ± 0,00 ^{a1}	2,59 ± 1,44 ^{a2}	0,60 ± 0,01 ^{a1}	1,13 ± 0,33 ^{a1}
<i>Open-Air Sun Drying</i>	0,58 ± 0,00 ^{a1}	0,60 ± 0,01 ^{a1}	0,63 ± 0,00 ^{a1}	0,61 ± 0,02 ^{a1}	3,00 ± 1,92 ^{a2}	0,60 ± 0,01 ^{a1}	1,60 ± 1,47 ^{a1}
<i>Cabinet Drying</i>	0,57 ± 0,00 ^{a1}	0,60 ± 0,00 ^{a1}	0,63 ± 0,01 ^{a1}	0,62 ± 0,02 ^{a1}	7,03 ± 3,54 ^{a2}	0,60 ± 0,00 ^{a1}	1,09 ± 0,38 ^{a1}

Tabel 15. Aktivitas Air selama Penyimpanan ASLT pada TIK

Pengerangan	Penyimpanan ASLT Hari ke--						
	0	8	14	16	20	24	28
<i>Solar Tunnel Drying</i>	0,32 ± 0,00 ^{a12}	0,34 ± 0,03 ^{a1}	0,40 ± 0,01 ^{a2}	0,45 ± 0,02 ^{a3}	0,48 ± 0,02 ^{a34}	0,50 ± 0,01 ^{a4}	0,55 ± 0,02 ^{a5}
<i>Open-Air Sun Drying</i>	0,60 ± 0,00 ^{b12}	0,47 ± 0,01 ^{b1}	0,49 ± 0,02 ^{b2}	0,52 ± 0,02 ^{b3}	0,56 ± 0,01 ^{b34}	0,57 ± 0,01 ^{b4}	0,60 ± 0,02 ^{b5}
<i>Cabinet Drying</i>	0,33 ± 0,00 ^{a12}	0,35 ± 0,02 ^{a1}	0,42 ± 0,00 ^{a2}	0,45 ± 0,04 ^{a3}	0,47 ± 0,01 ^{a34}	0,50 ± 0,01 ^{a4}	0,53 ± 0,02 ^{a5}

Tabel 16. Non Linear Regression dan Prediksi Umur Simpan dengan $Q_{10}=4$ pada Kadar Air 10%

Pengerangan	Non Linear Regression	R ²	Umur Simpan ASLT x (Y=10%) (hari)	Umur Simpan (hari)
<i>Solar Tunnel Drying</i>	$Y(x) = 2,4461e^{0,0301x}$	0,9679	46,7	374,2
<i>Open-Air Sun Drying</i>	$Y(x) = 1,6314e^{0,0459x}$	0,7735	39,5	316,0
<i>Cabinet Drying</i>	$Y(x) = 3,5881e^{0,0166x}$	0,8343	61,7	494,0



Gambar 4: Non Linear Regression Kadar Air terhadap Hari Penyimpanan ASLT

Tabel 17. Cemarkan Kapang selama Penyimpanan ASLT pada TIK

Pengerangan	Penyimpanan ASLT Hari ke-						
	0	8	12	16	20	24	28
<i>Solar Tunnel Drying</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Open-Air Sun Drying</i>	0	1,13 ± 1,59	0	0	0	0	0
<i>Cabinet Drying</i>	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 18. Skor Rata-Rata Analisa Sensoris pada TIK pada Penyimpanan ASLT Hari ke28

Pengerangan	Aroma	Warna	Kesukaan
<i>Cabinet drying</i>	2,80 ± 0,96	3,67 ± 0,88	2,97 ± 0,96
<i>Open-Air Sun Drying</i>	2,63 ± 1,00	1,57 ± 0,68	2,60 ± 0,90
<i>Solar Tunnel Drying</i>	2,90 ± 1,03	2,57 ± 0,63	3,27 ± 0,83

Keterangan: Semakin besar skor, nilai yang diberikan semakin baik

Selama penyimpanan Aw dibawah 0,6 dan kapang belum tumbuh. Hampir semua mikroorganisme dapat dihambat pada Aw dibawah 0,6 (Lewis, 1987). Selama penyimpanan kandungan sianida relatif konstan karena enzim linamarase telah di-inaktifkan saat proses *blanching* dan pengeringan; serta sianida mengalami penguapan pada suhu 28 °C. Hasil sensori produk setelah disimpan: tingkat kesukaan dan aroma terbaik STD (karena waktu pengeringan cepat) dan warna terputih CD (karena suhu lebih rendah sehingga mengurangi *browning*).

SIMPULAN

Pada perlakuan *blanching*, kecenderungan hasil terbaik diberikan oleh *blanching* 80°C pada waktu, laju pengeringan tahap 2, kandungan amilosa, kandungan sianida pada TS dan TIK, cemarkan kapang kemampuan rehidrasi pada TIK dan kesukaan TISK. Kecenderungan hasil terbaik antara metode pengeringan diberikan oleh STD dari waktu, laju pada kedua tahapan pengeringan, kandungan sianida pada TS dan TIK, kemampuan rehidrasi TIK, warna, aroma dari TIK, kesukaan TISK, aroma dan kesukaan pada TIK umur simpan 28 hari ASLT. STD memberikan kecenderungan hasil terbaik yang berimbang dengan CD dari

kesukaan pada TIK, perubahan aktivitas air, dan cemarkan kapang selama penyimpanan ASLT pada TIK.

Hasil-hasil terbaik antara perlakuan *blanching* dan metode pengeringan adalah sebagai berikut:

- 1,5 jam waktu pengeringan tahap 1 dengan fungsi model kadar air terhadap waktu oleh *non blanching* dan STD;
- 2,5jam waktu pengeringan tahap 2 dengan fungsi model kadar air terhadap waktu oleh *blanching* 80°C dan STD;
- $dy(t)/dt = 80,129 \exp(-1,376t)$ fungsi model laju pengeringan tahap 1 oleh *non blanching* dan STD;
- $dy(t)/dt = -29,828 \exp(-0,706t)$ fungsi model laju pengeringan tahap 2 oleh *non blanching* dan STD;
- 23,79±0,87% kandungan amilosa pada TS oleh *blanching* 80°C dan CD;
- 17,59±0,21% kandungan amilosa pada TIK oleh *blanching* 80°C dan CD;
- 0,92±0,1ppm kandungan sianida pada TS oleh *blanching* 80°C dan STD;
- 0,75±0,08ppm kandungan sianida pada TIK oleh *blanching* 80°C dan STD;

- $2,89 \pm 0,18 \log \text{CFU/g}$ cemaran kapang pada TIK oleh *blanching* 80°C dan CD;
- kemampuan rehidrasi dengan $0,24 \pm 0,02 (1/\text{menit})$ *rehydration rate* oleh *blanching* 80°C dan STD;
- kesukaan $3,70 \pm 1,29$ (cenderung suka) pada TIK oleh *blanching* 50°C dan STD;
- warna $4,33 \pm 0,76$ (putih) pada TIK oleh *blanching* 50°C dan STD;
- aroma $4,33 \pm 0,61$ (singkong kuat) pada TIK oleh *non blanching* dan STD;
- kesukaan $3,07 \pm 0,52$ (cukup suka) pada TISK oleh *blanching* 80°C dan STD;
- warna $4,07 \pm 1,14$ (putih) pada TISK oleh *blanching* 65°C dan CD;
- aroma $3,17 \pm 1,23$ (singkong sedang) pada TISK oleh *non blanching* dan SD;
- tekstur $3,70 \pm 0,99$ dan $3,70 \pm 1,09$ (cenderung kenyal) pada TISK oleh *blanching* 50°C – CD dan *non blanching* - STD;
- rasa $3,20 \pm 1,24$ (cukup enak) pada TISK oleh *non blanching* dan CD.

Hasil metode pengeringan terbaik pada TIK dengan perlakuan *blanching* 80°C selama penyimpanan 28 hari ASLT adalah sebagai berikut:

- 494 hari prediksi umur simpan dengan batasan kadar air 10% oleh CD;
- kandungan sianida tidak memberikan perubahan nyata antara metode pengeringan dan antara hari penyimpanan;
- tidak ada cemaran kapang selama penyimpanan 28 hari ASLT pada metode STD dan CD;
- aktivitas air menunjukkan ada peningkatan nyata antara hari penyimpanan dan metode STD dan CD memberikan aktivitas air yang lebih rendah dibandingkan SD;
- hasil sensoris produk pada hari penyimpanan ASLT ke28 dengan kesukaan $3,27 \pm 0,83$ (cukup suka) oleh STD, warna $3,67 \pm 0,88$ (cenderung putih) dan aroma $2,90 \pm 1,03$ (aroma singkong cenderung sedang).

Pada akhirnya, dengan mengingat bahwa STD merupakan sebuah teknologi tepat guna yang ramah lingkungan serta pertimbangan akan kemampuan STD memberikan kecenderungan parameter proses dan mutu produk yang terbaik, maka teknologi STD dapat disarankan untuk penerapannya pada produksi Tiwul Instan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, N. A. 08 Oktober 2005. Energi Terbarukan. Ketika Fosil Membakar Bumi. Kompas. Harian Kompas.
- Banwart, G. J. (2001). Basic Food Microbiology 2nd Edition. Chapman & Hall. Ohio
- Barbosa-Cánovas, G. V. and Vega-Mercado, H. 1996. Dehydration of Foods. International Thomson Publishing. Tokyo, Toronto, Washington.
- Fellows, P. 1990. Food Processing Technology. Ellis Horwood Limited. England.

- Handoko. 2006. Peran Iklim dalam Praktik Pertanian. In: Revitalisasi Pertanian dan Dialog Peradaban. Editor: Jusuf Sutanto dan Tim. Penerbit Buku Kompas.
- Hensel, O. and Esper, A. 2002. The Hohenheim solar tunnel dryer, 20 years of success, ITDG Food Chain 31.
- Imre, L. 1997. Solar Dryers. In: Industrial Drying of Foods. Edited by Baker G. J. Blackie Academic and Profesional. Madras.
- Innotech Booklet. Solarer Tunneltrockner – Ausgereifte Technik für tropische und subtrophische Länder. Innotech Ingenieursgesellschaft mbH.
- Labuza, T.P. 1979. Open Shelf Life Dating of Food. OTA Publishing. USA.
- Lewis, M. J. 1987. Physical Properties of Foods and Food Processing Systems. Ellis Horwood Ltd. England.
- Mastekbayeva G. A., Bhatta, C. P., Leon, M. A, and Kumar, S. 1999. Experimental Studies on a Hybrid Dryer. Paper presented at the ISES 99 Solar World Congress. Israel.
- Muehlbauer, W. And Esper, A. 2001. Solarer Tunneltrockner für Früchte, Gemüse und Gewürze. Zeitschrift erneubare Energie (2001/01). Germany.
- Mujumdar, A. S. 1997. Drying Fundamentals. In: Industrial Drying of Foods. Edited by Baker G. J. Blackie Academic and Professional. Madras.
- Sari, V. M. P. 2003. Studi Penggunaan Solar Tunnel Dryer dalam Proses Pengeringan Cabai Merah Besar Varietas Teropong (*Capsicum annum var. acuminatum*) dengan Pretreatment Perendaman. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian UNIKA Soegijapranata. Semarang.
- Sentosa, A. 2003. Sifat Fisik, Kimia, Mikrobiologi dan Sensoris Produk Sale Pisang var Ambon (*Musa paradisiaca sapientium L*) yang dikeringkan dengan Solar Tunnel Dryer. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian UNIKA Soegijapranata. Semarang.
- Sharma, S. K., Mulvaney, S.J. and Rizvi, S. S. H. (2000). Food Process Engineering: Theory and Laboratory Experiments. A John Wiley & Sons. New York.
- Sudarmadji, S., Raharjo and Supriyadi. 1997. Analisa Kimia Pangan. Liberty. Yogyakarta.
- Sugianto, Johanes. 2004. Kepedulian Indofood terhadap Pangan. Diakses di www.padangekspress.com/mod.php?mod
- Supardi, I. and Sukanto, M. 1999. Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan. Penerbit Alumni. Bandung.
- Sutanto Darmadi, F. and Budianto, R. 2005. Teknologi Pengeringan dengan Solar Tunnel Dryer. Prosiding Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi 2005. Semarang.
- Winarno, F. G. 1993. Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen. PT Gramedia. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G., Fardiaz, S. and Fardiaz, D. 1984. Pengantar Teknologi Pangan. PT Gramedia. Jakarta.