

F/TPG  
2004  
012

11/2

**PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP SIFAT FISIKO-KIMIA  
DAN FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU  
(*Phaseolus radiatus L.*) HASIL GERMINASI DENGAN PERLAKUAN  
NATRIUM ALGINAT SEBAGAI ELISITOR FENOLIK ANTIOKSIDAN**

Oleh

**DONI CHAHYONO**

**F02499091**



2004

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**DONI CHAHYONO. F02499091. Pengaruh Proses Pengeringan Terhadap Sifat Fisiko-Kimia dan Fungsional Tepung Kecambah Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus L.*) Hasil Germinasi dengan Perlakuan Natrium Alginat sebagai Elisitor Fenolik Antioksidan. Di bawah bimbingan : Nuri Andarwulan dan Purwiyatno Hariyadi. 2004**

---

## RINGKASAN

Kacang-kacangan merupakan bahan pangan yang termasuk famili leguminosa atau disebut juga polongan. Kacang-kacangan selain dapat dikonsumsi secara langsung juga dapat dikonsumsi dalam bentuk kecambah. Di Indonesia kacang-kacangan terutama kacang hijau banyak dikonsumsi dalam bentuk kecambah. Banyak penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kacang-kacangan yang dikedambahkan ternyata memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi dari pada dalam bentuk bijinya.

Lebih dari 150 fitoaleksin yang terdapat pada tumbuhan telah dicirikan, khususnya pada tumbuhan dikotil. Fitoaleksin adalah senyawa antimikroba yang disintesis karena adanya respon terhadap elisitor karbohidrat yang diproduksi oleh mikroba. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan proses elisitasi terhadap kacang hijau dan kacang kedelai hitam menggunakan natrium alginat 300 ppm, kacang tunggak dengan natrium alginat 200 ppm dan kacang kedelai dengan xanthan gum 50 ppm, yang kemudian digerminasikan selama 12 jam ternyata menghasilkan total senyawa fenolik tertinggi dibandingkan dengan kecambah kontrol dan biji kering. Begitu pula dengan kandungan vitamin E, aktivitas antioksidan dan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase, yang juga dianalisis pada konsentrasi yang sama.

Suatu bahan pangan yang mengandung kadar air yang tinggi memiliki tingkat kerusakan yang tinggi, hal ini berlaku terhadap kecambah, karena itu diperlukan perlakuan untuk memperbesar daya guna kecambah, diantaranya dengan proses pengeringan. Pembuatan tepung kecambah dapat dilakukan dengan berbagai metode, yang paling sederhana adalah dengan mengeringkannya secara langsung di bawah sinar matahari, atau dapat dilakukan dengan cara mengeringkannya pada suhu 75°C, kacang kering kemudian dilepas kulitnya, disangrai, digiling, dan diayak menjadi tepung. Pengeringan kacang untuk dijadikan tepung secara tradisional mungkin mudah untuk melakukannya namun belum tentu memberikan hasil yang lebih baik, yaitu memberikan kandungan gizi yang tidak terpaud jauh dari bentuk segarnya.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat pengering *freeze dryer* (kontrol), *drum dryer* dan *fluidized bed dryer*. Pengeringan dilakukan terhadap biji kacang hijau yang telah dikedambahkan menggunakan elisitor karbohidrat natrium alginat dengan konsentrasi 300 ppm. Pengeringan dilakukan dengan memberi perlakuan pembekuan terlebih dahulu terhadap kecambah, hal ini bertujuan agar pemanasan yang diakibatkan oleh proses pengeringan dapat diminimalkan sehingga diperoleh tepung dengan kandungan gizi yang maksimal. Penelitian dilakukan dengan pertama kali menentukan waktu germinasi yang optimum kemudian dilanjutkan dengan menganalisis sifat fisik, dan sifat kimia-fungsional tepung kacang hasil pengeringan.

Waktu germinasi yang optimum ditentukan dengan menganalisis kandungan senyawa fenolik dan total tokoferol tepung kacang hijau umur germinasi

0-48 jam. Dari hasil penelitian terhadap tepung kecambah kacang hijau berumur germinasi 0-48 jam, diperoleh kandungan senyawa fenolik berdasarkan berat kering pada umur 0 jam adalah 9.15 ppm, germinasi selama 12 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 9.21 ppm, germinasi selama 24 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 12.23 ppm, kemudian umur germinasi 36 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 11.32 ppm, sedangkan untuk umur germinasi 48 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 12.33 ppm. Pada analisis kandungan total tokoferol, kecambah berumur germinasi 0 jam memiliki kandungan total tokoferol sebesar 782.68 ppm, umur 12 jam sebesar 416.08 ppm, umur 24 jam sebesar 570.25 ppm, umur germinasi 36 jam sebesar 936.43 ppm dan umur germinasi 48 jam sebesar 1367.40 ppm.

Sifat fisik tepung kecambah kacang hijau yang dianalisis antara lain adalah sudut repos, derajat putih, densitas kamba, densitas padat kemudian *wettability*, *dispersibility*, *solubility*, struktur mikroskopis, ukuran partikel dan viskositas. Dari hasil penelitian terhadap sifat fisik tepung kecambah, menunjukkan, sudut repos dari tepung kecambah hasil pengeringan *freeze dryer* adalah sebesar 39.60° kemudian pada tepung kecambah hasil pengeringan *fluidized bed dryer* sebesar 37.36° lalu dengan *Drum dryer* memiliki sudut repos sebesar 38.32°. Pada analisis derajat putih, tepung kecambah hasil pengeringan *freeze dryer* memiliki derajat putih sebesar 45.65 %, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 54.90%, sedangkan dengan *drum dryer* sebesar 38.45%. Pada analisis densitas kamba, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki densitas kamba sebesar 0.56 g/ml, dengan *fluidized bed dryer* memiliki densitas kamba sebesar 0.55 g/ml, dan dengan *drum dryer* sebesar 0.50 g/ml. Pada analisis densitas padat, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki densitas padat sebesar 0.74 g/ml, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *fluidized bed dryer* memiliki densitas padat 0.76 g/ml. dan tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* sebesar 0.59 g/ml. pada analisis sifat *wettability*, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *fluidized bed dryer*, sifat *wettability*nya sangat cepat yaitu dengan waktu 238 detik, lalu pada tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* selama 441.50 detik, sedangkan pada tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* selama 1781 detik. Pada analisis *dispersibility*, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki persentase *dispersibility* sebesar 6.78% lalu tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* sebesar 6.22% dan tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 3.83%. Pada analisis *solubility* tepung kecambah, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki sifat *solubility* sebesar 93.58%. Tepung kecambah hasil pengeringan dengan *fluidized bed dryer* sebesar 93.78% dan tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* sebesar 94.04%. Pada analisis struktur mikroskopis, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer*, granula patinya belum pecah atau belum tergelatinisasi, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer*, granula patinya telah tergelatinisasi. Pada analisis viskositas, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki viskositas sebesar 0.28 Pa s, tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.23 Pa s, dan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 0.21 Pa s.

Analisis sifat-kimia fungsional terhadap tepung kecambah kacang hijau difokuskan pada kandungan senyawa antioksidan dan aktivitas antioksidan serta kandungan gula pereduksi dan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Pada analisis kandungan

senyawa antioksidan dan aktivitas antioksidan, yang diamati adalah kandungan senyawa fenolik kemudian kandungan total tokoferol dan total karoten serta aktivitas antioksidan. Dari analisis yang telah dilakukan, kandungan senyawa fenolik pada tepung kecambah yang dihasilkan dari pengeringan dengan berbagai alat pengering, memiliki kandungan senyawa fenolik yang berbeda-beda. Pada tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* senyawa fenoliknya sebesar 17.84 ppm, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 11.06 ppm, dengan *drum dryer* sebesar 6.84 ppm. Pada analisis kandungan total tokoferol, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki kandungan total tokoferol sebesar 384.44 ppm, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 670.18 ppm, dengan *drum dryer* memiliki kandungan total tokoferol sebesar 142.33 ppm. Pada analisis total karoten, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki kandungan total karoten sebesar 0.97 ppm, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.85 ppm, dengan *drum dryer* sebesar 0.16 ppm. Aktivitas antioksidan merupakan analisis yang berhubungan dengan kadar senyawa-senyawa antioksidan. Dari analisis yang telah dilakukan menggunakan metode ransimat, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* memiliki aktivitas antioksidan dalam satuan periode induksi sebesar 17.13, dengan *fluidized bed dryer* memiliki aktivitas antioksidan sebesar 17.44, *drum dryer* memiliki aktivitas antioksidan sebesar 16.92.

Pada analisis kandungan gula pereduksi, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* sebesar 0.48%, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.46% dan dengan *drum dryer* sebesar 0.71%. Pada analisis aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase, tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* sebesar 23.62 unit aktivitas enzim/mg protein, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 10.31 unit aktivitas enzim/mg protein, dengan *drum dryer* sebesar 8.39 unit aktivitas enzim/mg protein.

Dari hasil analisis waktu germinasi yang optimum diperoleh bahwa umur germinasi optimum adalah pada kecambah umur germinasi 48 jam, karena mengandung senyawa fenolik dan total tokoferol tertinggi yaitu 12.33 ppm dan 1367.40 ppm. Dari hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia-fungsional dari tepung kecambah yang dikeringkan dengan *freeze dryer* (kontrol), *drum dryer* dan *fluidized bed dryer*, tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* memiliki keunggulan yang melebihi kontrol yaitu pada sifat sudut repos, derajat putih, densitas padat, *wettability*, total tokoferol dan aktivitas antioksidan. Sedangkan pada sudut tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* memiliki keunggulan pada sudut repos, dan *solubility*. Dengan beberapa keunggulan tersebut maka yang memberikan hasil optimal adalah tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer*.

**PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP SIFAT FISIKO-KIMIA  
DAN FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU  
(*Phaseolus radiatus L.*) HASIL GERMINASI DENGAN PERLAKUAN  
NATRIUM ALGINAT SEBAGAI ELISITOR FENOLIK ANTIOKSIDAN**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

**Pada Departemen Teknologi Pangan dan Gizi**

**Fakultas Teknologi Pertanian**

**Institut Pertanian Bogor**

Oleh

**DONI CHAHYONO**

**F02499091**

2004

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

---

PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP SIFAT FISIKO-KIMIA  
DAN FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU  
(*Phaseolus radiatus L.*) HASIL GERMINASI DENGAN PERLAKUAN  
NATRIUM ALGINAT SEBAGAI ELISITOR FENOLIK ANTIOKSIDAN

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Departemen Teknologi Pangan dan Gizi

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Oleh

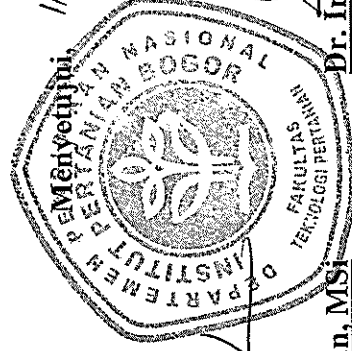
DONI CHAHYONO

F02499091

Dilahirkan pada tanggal 21 Juni 1980

Di Bogor

Tanggal lulus : 6 Februari 2004



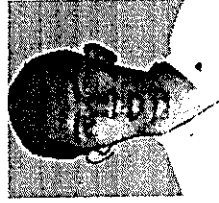
Dr. Ir. Nuri Andarwulan, MSc

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Purwiyatno Hariyadi, MSc

Dosen Pembimbing II

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bogor 23 tahun yang lalu pada tanggal 21 Juni 1980 dari pasangan Kemin Saputro dengan Supartinah.

Penulis lulus dari SMU Negeri 1 Bogor pada tahun 1999. Pada tahun yang sama penulis lulus seleksi masuk IPB dengan memilih

/ Program Studi Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI).

Selama masa perkuliahan penulis banyak berkecimpung dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan diantaranya dalam kegiatan Himpunan Profesi Mahasiswa Teknologi Pangan, selain itu penulis juga pernah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di daerah Majalengka selama dua bulan selama periode Juni-Agustus 2002.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadapan Allah SWT, karena hanya dengan Rahmat-Nya maka skripsi yang berjudul Pengaruh Proses Pengeringan Terhadap Sifat Fisiko-Kimia dan Fungsional Tepung Kecambah Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) Hasil Germinasi dengan Perlakuan Natrium Alginat sebagai Elisitor Fenolik Antioksidan ini dapat penulis selesaikan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir. Nuri Andarwulan, MSi sebagai dosen pembimbing utama.
2. Dr. Ir. Purwiyatno Hariyadi, MSc sebagai dosen pembimbing pendamping.
3. Dr. Ir. Yadi Haryadi, MSc sebagai dosen penguji.
4. Teman-teman satu topik penelitian (Dwi dan Erna).
5. Teman-teman TEP dan TIN angkatan 36 (Eka, Ram, Zaki, Arif, Deden, Deni, Roni) dan semua yang tidak disebut disini.
6. Teman-teman TPG 35, 36, 37, 38, 39 dan 40 (Mas Syahrul Komara, Eki, Anton Prio, Niko, Budi, Ridwan, Nanang, Cahyana, Rizal, Anton, Zaenal, Kheri, Sumu, Romi, Amir, Mas Pungky, Mas Lukman, Andi, Imam) dan semua yang tidak disebut disini, Terima kasih atas dukungan dan dorongan semangatnya.
7. Teman-Teman KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Desa Leuwilaja Kecamatan Sindang Wangi Kabupaten Majalengka (Wawan, Rossi, Mugi, Yus, Afin, Sari, Reni, dan Metta).
8. Laboran-Laboran yang telah banyak membantu (Pak Wahid, Pak Rojak, Pak Yahya, Pak Gatot, Bu Rubiyah, Mbak Ida, Pak Sobirin, Pak Taufik, Mbak Yane dan Mbak Ririn).
9. Bapak dan Mama yang selalu mendoakan aku dan mendorong aku untuk selalu bersemangat. Dan kakakku Wawang dan adik-adikku Obo dan Wulan.

Akhirnya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bogor, .. Januari 2004

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
I. PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
A. KACANG HIJAU .....	4
B. ANTIOKSIDAN .....	6
C. PERKECAMBAHAN .....	7
D. PENERINGAN .....	10
1. <i>Freeze dryer</i> .....	10
2. <i>Fluidized bed dryer</i> .....	11
3. <i>Drum dryer</i> .....	11
E. SIFAT FISIK TEPUNG .....	12
1. Densitas Kamba ( <i>Loose Bulk Density</i> ) .....	12
2. Densitas Padat ( <i>Compacted Bulk Density</i> ) .....	13
3. <i>Wettability</i> .....	13
4. <i>Solubility</i> (Kelarutan) .....	14
5. <i>Dispersibility</i> .....	14
6. Derajat Putih.....	14
7. Sudut Repos.....	14
III. METODE PENELITIAN .....	16
A. BAHAN DAN ALAT .....	16
1. Bahan .....	16
2. Alat.....	16
B. METODE PENELITIAN .....	17
1. Produksi Senyawa Fenolik Selama Germinasi Kacang Hijau .....	17

2. Pengaruh Proses Pengeringan Untuk Produksi Tepung Kecambah Kacang Hijau .....	17
<b>C. PROSEDUR ANALISIS .....</b>	<b>20</b>
1. Analisis Sifat Fisik Tepung Kecambah Kacang Hijau.....	20
a. Derajat Putih (Balmaceda <i>et al.</i> , 1984).....	20
b. Sudut Repos (Khalil, 1999).....	20
c. Struktur Mikroskopis.....	21
d. Ukuran Partikel.....	21
e. Viskositas .....	21
f. Densitas Kamba (Khalil, 1999) .....	21
g. Densitas Padat (Khalil, 1999) .....	22
h. <i>Wettability</i> (Bhandari, 2000) .....	22
i. <i>Solubility</i> (Fardiaz <i>et al.</i> , 1992) .....	22
j. <i>Dispersibility</i> (Bhandari, 2000) .....	23
2. Analisis Sifat Kimia Tepung Kecambah Kacang Hijau .....	23
a. Kadar Air (Apriyantono <i>et al.</i> , 1989) .....	23
b. Total Fenol Metode Chandler dan Dodds yang Dimodifikasi (Shetty <i>et al.</i> , 1995 yang dikutip oleh Andarwulan, 1995).....	23
c. Total Tokoferol Metode Emmerie – Engel (Parish, 1980) .....	23
d. Total Karoten .....	25
3. Analisis Sifat Kimia-Fungsional Tepung Kecambah Kacang Hijau .....	25
a. Aktifitas Antioksidan.....	25
b. Gula Pereduksi Metode Shaffer Somogyi (AOAC, 1984) .....	25
c. Aktifitas $\alpha$ -amilase .....	26
<b>D. RANCANGAN PERCOBAAN.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
<b>A. PRODUKSI SENYAWA FENOLIK SELAMA GERMINASI KECAMBAH KACANG HIJAU .....</b>	<b>29</b>

B. PENGARUH PENGERINGAN DENGAN ALAT PENGERING <i>FREEZE DRYER, DRUM DRYER, DAN FLUIDIZED BED DRYER</i> KECAMBAH TERHADAP KACANG HIJAU BERELISITASI NATRIUM ALGINAT 300 PPM .....	34
C. SIFAT FISIK-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU.....	37
1. Derajat Putih.....	37
2. Sudut Repos.....	38
3. Struktur mikroskopis.....	40
4. Ukuran Partikel.....	42
5. Viskositas.....	43
6. Densitas Kamba .....	44
7. Densitas Padat ( <i>Compacted Bulk Density</i> ) .....	46
8. <i>Wettability</i> .....	47
9. <i>Dispersibility</i> .....	48
10. <i>Solubility</i> (Kelarutan) .....	50
D. SIFAT KIMIA-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU.....	51
1. Kadar Air .....	51
2. Kandungan Senyawa Antioksidan dan Aktifitas Antioksidan Pada Tepung Kecambah Kacang Hijau.....	52
3. Kandungan Gula Pereduksi dan Aktivitas $\alpha$ Amilase Pada Tepung Kecambah Kacang Hijau.....	57
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
A. KESIMPULAN .....	61
B. SARAN .....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	68

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai gizi biji dan kecambah dalam 100 gram biji kacang hijau.....	5
Tabel 2. Hubungan kohesivitas dengan sudut repos.....	15
Tabel 3. Produksi senyawa fenolik dan kadar tokoferol per 75 g biji kacang hijau pada penentuan waktu germinasi optimum .....	33
Tabel 4. Derajat putih tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	38
Tabel 5. Sudut repos tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	40
Tabel 6. Rendemen kering kecambah (hasil pengayakan menggunakan saringan berukuran 60 mesh) yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	42
Tabel 7. Viskositas air (cP) .....	43
Tabel 8. Densitas kamba tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	45
Tabel 9. Densitas padat tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	47
Tabel 10. <i>Wettability</i> tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan .....	48
Tabel 11. <i>Dispersibility</i> tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan .....	49
Tabel 12. <i>Solubility</i> tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan .....	51
Tabel 13. Kadar air tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengeringan.....	52
Tabel 14. Total karoten tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan .....	55
Tabel 15. Kadar gula pereduksi tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan.....	60

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Biji kacang hijau .....	5
Gambar 2. Diagram alir produksi kecambah untuk penentuan produksi fenolik selama germinasi kacang hijau .....	18
Gambar 3. Diagram alir produksi tepung kecambah .....	19
Gambar 4. Pengukuran sudut repos .....	20
Gambar 5. Kurva total fenol berdasarkan berat kering pada umur kecambah 0 jam hingga 48 jam.....	31
Gambar 6. Produksi total fenol pada umur kecambah 0 jam hingga 48 jam .....	31
Gambar 7. Grafik hubungan total tokoferol dan berat kering kecambah.....	33
Gambar 8. Grafik hubungan waktu germinasi optimum dari total tokoferol dan total fenol .....	33
Gambar 9. Foto biji kacang hijau, kecambah kering kacang hijau dan <i>flakes</i> kacang kering kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	36
Gambar 10. Foto biji kacang hijau dan tepung kecambah kacang hijau hasil penggilingan dengan <i>Willey mill</i> dan pengayakan .....	36
Gambar 11. Derajat putih pada tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	38
Gambar 12. Sudut repos dari tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	39
Gambar 13. Foto hasil pengamatan dengan <i>polarized microscop</i> terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan <i>freeze dryer</i> pada perbesaran 400 kali.....	41
Gambar 14. Foto hasil pengamatan dengan <i>polarized microscop</i> terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan <i>fluidized bed dryer</i> pada perbesaran 400 kali .....	41
Gambar 15. Foto hasil pengamatan dengan <i>polarized microscop</i> terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan <i>drum dryer</i> pada perbesaran 200 kali.....	42
Gambar 16. Viskositas (Pa s) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan .....	44

Gambar 17. Densitas kamba tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	45
Gambar 18. Densitas padat tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	46
Gambar 19. <i>Wettability</i> tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering.....	47
Gambar 20. <i>Dispersibility</i> tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	49
Gambar 21. <i>Solubility</i> tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering.....	50
Gambar 22. Total fenol (ppm) berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	53
Gambar 23. Total tokoferol (ppm) berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	54
Gambar 24. Total karoten (ppm) berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	55
Gambar 25. Alat ransimat dan skema alat ransimat.....	56
Gambar 26. Hasil uji aktivitas antioksidan metode ransimat terhadap tepung kacang hijau hasil pengeringan.....	57
Gambar 27. Aktivitas enzim $\alpha$ -amilase per miligram protein tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	58
Gambar 28. Reaksi grup karboksilat dari gula pereduksi dengan grup amino .	59
Gambar 29. Kadar gula pereduksi tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering .....	60
Gambar 30. Kurva standar fenol.....	68
Gambar 31. Kurva standar tokoferol.....	68
Gambar 32. Kurva standar maltosa.....	69
Gambar 33. Kurva standar protein bradford .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kurva standar fenol dan kurva standar tokoferol .....	68
Lampiran 2. Kurva standar maltosa dan kurva standar protein bradford.....	69
Lampiran 3. Produksi total fenol (berat kering) selama germinasi kecambah kacang hijau berelisitasi natrium alginat .....	70
Lampiran 4. Produksi total tokoferol (berat kering) selama germinasi kecambah kacang hijau berelisitasi natrium alginat .....	70
Lampiran 5. Kadar air selama germinasi kecambah kacang hijau berelisitasi natrium alginat .....	71
Lampiran 5a. Kadar air berat kecambah basah .....	71
Lampiran 5b. Kadar air berat kecambah kering.....	71
Lampiran 6. Sudut repos tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering.....	72
Lampiran 7. Derajat putih tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	72
Lampiran 8. Densitas kamba tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	72
Lampiran 9. Densitas padat tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	73
Lampiran 10. <i>Wettability</i> tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering.....	73
Lampiran 11. <i>Solubility</i> tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering.....	73
Lampiran 12. <i>Dispersibility</i> tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	74
Lampiran 13. Kadar air tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering.....	74
Lampiran 14. Total fenol (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	74

Lampiran 15. Kadar total tokoferol berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	75
Lampiran 16. Total karoten (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	75
Lampiran 17. Aktivitas antioksidan tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	75
Lampiran 18. Data aktivitas enzim $\alpha$ -amilase (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan.....	76
Lampiran 19. Aktivitas enzim $\alpha$ -amilase (unit aktivitas enzim/mg protein) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan .....	76
Lampiran 20. Gula pereduksi (%) (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan.....	76
Lampiran 21. Output alat Rotovisco .....	77
Lampiran 22. Hasil analisis ragam terhadap sifat fisik dan sifat kimia-fungsional tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering .....	78



## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Indonesia sebagai negara agraris memiliki beragam jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber gizi, diantaranya adalah kacang-kacangan. Kacang-kacangan merupakan bahan pangan yang termasuk famili Leguminosa atau disebut juga polongan. Berbagai kacang-kacangan yang telah banyak dikenal adalah kacang kedelai (*Glycine max*), kacang tanah (*Arachis hypogea*), kacang hijau (*Phaseolus radiatus*), kacang gude (*Cajanus cajan*), dan sebagainya.

Kacang-kacangan sebagai bahan pangan sumber energi dan protein sudah lama dimanfaatkan oleh penduduk Asia, Afrika, Amerika Latin, dan negara lainnya. Sayangnya, banyak orang masih menganggap bahwa kacang-kacangan adalah makanan bagi kaum miskin. Padahal, sesungguhnya kacang-kacangan adalah sumber protein yang sangat berharga. Protein kacang-kacangan umumnya kaya akan lisin, leusin, dan isoleusin, tapi terbatas dalam hal kandungan metionin dan sistin. Hal ini menyebabkan kacang-kacangan sering dikombinasikan dengan sereal. Sebab, sereal kaya akan metionin dan sistin, tapi miskin lisin. Selain itu, kacang-kacangan juga merupakan sumber lemak, vitamin, mineral, dan serat pangan (*dietary fiber*).

Selain senyawa-senyawa yang berguna, ternyata kacang-kacangan juga mengandung antioksidan. Beberapa senyawa antioksidan yang terdapat dalam kacang-kacangan adalah antitripsin, hemaglutinin atau lektin, oligosakarida, dan asam fitat. Salah satu upaya untuk menginaktifkan zat-zat antioksidan tersebut adalah dengan membuat kacang-kacangan berkecambah menjadi tauge. Berkecambah merupakan suatu proses keluarnya bakal tanaman (tunas) dari lembaga. Proses itu disertai dengan terjadinya mobilisasi cadangan makanan dari jaringan penyimpanan atau keping biji ke bagian vegetatif (sumbu pertumbuhan embrio atau lembaga).

Biji kacang hijau, kacang tunggak, atau kedelai yang dikedambahkan umumnya disebut sebagai tauge. Selama proses berkecambah, bahan makanan cadangan diubah menjadi bentuk yang dapat digunakan, baik untuk tumbuhan maupun manusia. Diantara kacang-kacangan tersebut, kacang hijau merupakan

salah satu jenis kacang yang banyak digunakan atau dikonsumsi yang dapat dilihat dari penggunaannya yang sangat beragam, dari olahan sederhana hingga produk olahan teknologi canggih.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Anggraeni (2003) menunjukkan proses elisitasi dapat meningkatkan kandungan senyawa fenolik, kadar tokoferol dan kadar gizi kecambah, dimana kandungannya lebih besar dari kandungan pada biji dan pada kecambah tanpa perlakuan. Anggraeni (2003) melaporkan bahwa varietas kacang hijau tidak berbeda nyata dalam produksi senyawa fenolik, namun waktu germinasi berpengaruh nyata pada produksi senyawa fenolik. Pada penentuan jenis dan konsentrasi polisakarida menggunakan natrium alginat, xanthan gum, pati dan dekstrin menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi polisakarida berpengaruh nyata pada produksi senyawa fenolik, Anggraeni (2003) juga melaporkan bahwa natrium alginat dengan konsentrasi 300 ppm adalah polisakarida yang terbaik dalam menghasilkan senyawa fenolik. Pada penentuan varietas kacang hijau yang telah dielisitasi untuk melihat varietas yang terbaik menghasilkan senyawa fenolik, menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan senyawa fenolik, tetapi berpengaruh terhadap kadar tokoferolnya. Pada analisis kimia kacang hijau yang telah dielisitasi dengan polisakarida yang telah dilakukan oleh Anggraeni (2003) memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan karbohidrat, dimana kandungannya yang semakin menurun, dan peningkatan kadar protein dan kadar lemak, serta senyawa antioksidan yang lebih tinggi dari biji dan kecambah tanpa perlakuan.

Bahan pangan yang mengandung kadar air yang tinggi memiliki tingkat kerusakan yang tinggi, kecambah termasuk ke dalam bahan pangan yang berkadar air tinggi, sehingga memiliki kelemahan yaitu berdaya simpan rendah, oleh karena itu mengingat potensi gizi tauge yang cukup besar tetapi daya tahan simpannya sangat rendah, diperlukan upaya penyelamatan untuk memperbesar daya gunanya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan pembuatan tepung kecambah dengan cara pengeringan kecambah.

Pengeringan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu melalui penjemuran, pengeringan buatan (menggunakan alat pengering), dan pengeringan secara pembekuan.

Pengeringan kecambah untuk dijadikan tepung secara tradisional, mungkin mudah untuk melakukannya namun belum tentu memberikan hasil yang lebih baik, yaitu memberikan kandungan gizi yang tidak terpaut jauh dari bentuk segarnya dan mutu tepung yang baik. Oleh karena itu diperlukan proses pengeringan yang terkontrol sehingga diperoleh tepung yang bergizi dan bermutu baik, yang dapat dimanfaatkan sebagai ingredien pangan, seperti untuk Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MP-ASI) atau sebagai bahan substitusi tepung terigu dalam pembuatan roti, agar roti yang dihasilkan memiliki kandungan gizi yang lebih baik.

Pada penelitian ini, kecambah kacang hijau yang telah dielektasi dengan natrium alginat 300 ppm dikeringkan menggunakan beberapa alat pengering, lalu ditepungkan. Sebagai kontrol adalah pengeringan dengan *freeze dryer*, sedangkan perlakuan pengeringan dilakukan dengan *drum dryer*, dan *fluidized bed dryer*.

## B. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk memperbesar daya guna dari kecambah kacang hijau yaitu dengan meneliti pengaruh proses pengeringan dengan menggunakan *freeze dryer*, *fluidized bed dryer* dan *drum dryer* terhadap kecambah kacang hijau hasil germinasi dengan perlakuan natrium alginat 300 ppm sebagai elisitor fenolik antioksidan, yang dapat diketahui dengan melakukan analisis total fenol, kadar vitamin E, aktifitas  $\alpha$ -amilase, serta analisis sifat fisik terhadap tepung kecambah yang dihasilkan, sehingga diperoleh tepung kecambah kacang hijau yang memiliki nilai tambah yaitu bernilai gizi tinggi dan berantioksidan tinggi serta berdaya simpan tinggi.

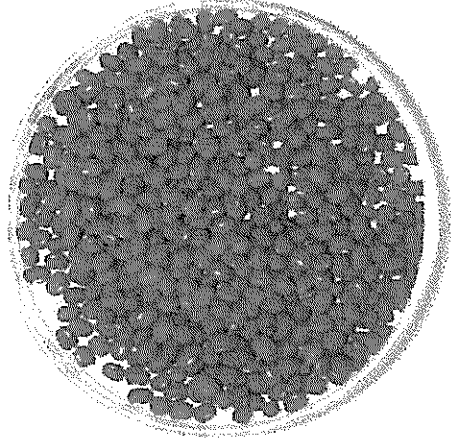
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. KACANG HIJAU

Kacang hijau memiliki nama yang berbeda-beda di setiap negara, seperti di Filipina kacang hijau disebut dengan balatong atau batong hijiao, cherupayaru (India, Malaysia), Kachang hijau, kacang hijau, kacang padi (Malaysia), moyashi mame (Jepang), sedangkan nama botaninya adalah *Vigna radiata* (L.) *Wilczek*, *syn. Phaseolus aureus* Roxb., *Phaseolus radiatus* L. (Kay, 1979). Ajung (1981) yang dikutip oleh kusumo (1987) melaporkan kacang hijau di Indonesia mempunyai beberapa nama daerah antara lain Artak (Madura), Kacang Wilis (Bali), Buwe (Flores), Tibowang Cadi (Ujung Padang).

Kacang hijau termasuk tanaman pangan yang sudah lama dibudidayakan di Indonesia. Diperkirakan kacang hijau di Indonesia berasal dari India, diintroduksi pada awal abad ke tujuh, bersamaan dengan adanya hubungan dagang dan keagamaan antara Indonesia dan India, kacang hijau sudah dibudidayakan sejak beberapa abad sebelum masehi. (Paroda dan Thomas, 1988). Menurut Sumarno (1990) dibandingkan dengan tanaman kacang-kacangan lainnya, kacang hijau memiliki kelebihan ditinjau dari segi ekonomis maupun agronomis, seperti lebih tahan kekeringan, hama dan penyakit menyerang kacang hijau relatif sedikit, dapat dipanen pada umur 55-60 hari, dapat ditanam pada tanah yang kurang subur dan cara budidayanya mudah, resiko kegagalan panen secara total adalah kecil, harga jual tinggi dan stabil, dapat dikonsumsi langsung oleh petani dengan cara pengolahan yang mudah.

Kacang hijau termasuk tanaman semusim dengan famili *Leguminosae* dan subfamili *Papilionaceae*. Tanaman kacang hijau memiliki batang tegak dengan cabang-cabang menyebar, polong berbentuk bulat dengan panjang antara 6-15 cm, tiap polong berisi 6-16 biji bulat agak memanjang (Gambar 1), umumnya lebih pendek dibandingkan dengan kacang-kacang lainnya. Tanaman ini banyak ditanam di sawah dan ladang yang bertanah lembab dan cukup mendapatkan sinar matahari.



Gambar 1. Biji kacang hijau

Karbohidrat merupakan komponen terbesar dibanding dengan komponen-komponen lain yang terdapat pada kacang hijau. Komposisi kimia kacang hijau dapat dilihat pada Tabel 1. Kacang hijau juga memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu sekitar 22.2g/100g biji. Komposisi dari kacang hijau ini bisa bervariasi tergantung kepada kultivar, kondisi iklim, dan manajemen penanaman.

Tabel 1. Nilai gizi biji dan kecambah dalam 100 gram biji kacang hijau<sup>a</sup>

Nilai Gizi	Biji	Kecambah
Energi (kal)	345	23
Air (g)	1	92.4
Protein (g)	22,2	2,9
Lemak (g)	1,2	0,2
Karbohidrat (g)	62,9	4,1
Ca (mg)	125	29
Fe (mg)	6,7	0,8
P (mg)	320	69
A (IU)	157	10
B1 (mg)	0,64	0,07
C (mg)	6	15
Tokoferol (mg) <sup>b</sup>	2,20	- <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Marzuki dan Sumadi (2001)

<sup>b</sup>Karmas (1988) dalam Suratno (1995)

<sup>c</sup>tidak dianalisis

## B. ANTIOKSIDAN

Tanpa disadari di dalam tubuh kita secara terus-menerus terbentuk radikal bebas melalui peristiwa metabolisme sel normal, peradangan, kekurangan gizi dan akibat respons terhadap pengaruh dari luar tubuh: polusi lingkungan, sinar ultraviolet, asap rokok, dan lain-lain. Oleh sebab itu tubuh kita memerlukan suatu substansi penting yakni antioksidan yang dapat membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas dengan meredam dampak negatif senyawa ini. Sistem antioksidan tubuh sebagai mekanisme perlindungan terhadap serangan radikal bebas, secara alami telah ada dalam tubuh kita.

Menurut Winarno *et al.* (1980) antioksidan adalah bahan yang digunakan untuk mencegah oksidasi lemak, misalnya digunakan pada bahan pangan yang akan digoreng, makanan dari biji-bijian, dan makanan-makanan lain yang mengandung banyak lemak. Contoh-contoh antioksidan misalnya *Butylated Hydroxy Anisol (BHA)*, *Butylated Hidroxy Toluena (BHT)*, *propil galat*, dan *Nor Dihidro Guai Aretic (NDGA)*. Antioksidan adalah senyawa-senyawa yang biasanya mengandung orto atau para difenol. Beberapa antioksidan alami yang terdapat di dalam makanan-makanan tertentu misalnya lesitin, vitamin E, dan beberapa asam amino yang mengandung sulfur.

Antioksidan dibagi menjadi dua golongan, yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer adalah suatu zat yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Zat-zat yang termasuk golongan ini dapat berasal dari alam maupun sintetik. Antioksidan sekunder adalah suatu zat yang dapat mencegah kerja prooksidan sehingga dapat digolongkan sebagai sinergik.

Antioksidan alami banyak terdapat dalam tanaman, pada seluruh bagian dari tanaman seperti akar, daun, bunga, biji, batang dan sebagainya. Contoh senyawa antioksidan alami antara lain tokoferol, flavonoid, turunan asam sinamat, fosfatida dan asam organik polifungsional yang sebagian besar merupakan komponen fenolik.

Antioksidan dapat terlibat pada proses oksidasi melalui reaksinya dengan radikal bebas, mengkelat katalis logam dan dapat juga sebagai pemangkap oksigen (*oxygen scavenger*). Antioksidan fenolik berfungsi sebagai terminator

radikal bebas dan dapat berfungsi sebagai pengkelat logam, walaupun komponen fenolik dan beberapa turunannya sangat efisien untuk mencegah autooksidasi tapi hanya beberapa komponen fenolik yang diijinkan sebagai antioksidan pada makanan. Pertimbangan utama dari antioksidan adalah aktivitas dan potensi toksisitasnya.

Antioksidan erat hubungannya dengan pangan fungsional, pangan fungsional adalah makanan yang mempunyai khasiat kesehatan tertentu berdasarkan pengetahuan. Pangan fungsional mempunyai karakteristik sensori, baik warna, tekstur dan citarasanya, serta mengandung zat gizi disamping mempunyai fungsi fisiologis bagi tubuh. Fungsi-fungsi fisiologis yang diberikan oleh pangan fungsional antara lain mengatur daya tahan tubuh, mengatur ritmik kondisi fisik, mencegah penuaan, dan mencegah penyakit yang berkaitan dengan makanan.

### C. PERKECAMBAHAN

Kecambah muncul karena hipokotil (bagian kecambah di bawah buku kotiledon) yang memanjang sehingga mendorong kotiledon ke permukaan dan titik tumbuh mulai tumbuh (Byrd, 1983). Sedangkan menurut Winarno *et al.* (1980), Kecambah adalah biji-bijian yang mengalami perubahan fisik dan kimiawi yang disebabkan oleh proses metabolisme. Menurut Winarno (1981) dalam proses perkecambahan terjadi berbagai perubahan biologis yang memperlihatkan terpecahnya berbagai komponen dalam biji menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, yang telah siap dicerna bagi embrio atau kecambah untuk perkembangan lebih lanjut.

Perkecambahan dimulai dengan pengambilan air dengan cepat yang mengakibatkan jaringan biji mengembang dan merentangnya kulit biji. Setelah itu sel-sel embrio menjadi aktif, membesar dan mulai memanjang sebelum kulit biji pecah atau persediaan makanan utamanya dimobilisir. Persediaan makanan yang disimpan dalam endosperm atau kotiledon biasanya dalam keadaan tidak melarut, yaitu sebagai polisakarida, bulatan-bulatan lemak dan butiran-butiran protein. Bahan-bahan makanan persediaan ini digunakan untuk pertumbuhan

jaringan embrio setelah dirombak oleh enzim-enzim dan ditransfer ke daerah tubuh embrio (Sadjad, 1974 yang dikutip oleh Suratno, 1995).

Pati sebagai bahan persediaan dirombak oleh enzim-enzim amilase yaitu enzim  $\alpha$ -amilase dan enzim  $\beta$ -amilase yang bekerja saling mengisi.  $\alpha$ -amilase memecah pati menjadi dekstrin, sedangkan enzim  $\beta$ -amilase memecah dekstrin menjadi maltosa. Aktivitas dan sintesa enzim-enzim amilase tersebut distimulir oleh hormon giberelin yang dihasilkan oleh embrio setelah menyerap air. Lemak sebagai bahan persediaan dirombak oleh enzim lipase menjadi asam lemak dan gliserol. Protein dari sel-sel penyimpanan dirombak oleh sekumpulan enzim proteolitik yang menghasilkan asam-asam amino.

Winarno (1981) melaporkan bahwa dalam bentuk tauge, kecambah mempunyai kandungan vitamin lebih banyak dari bentuk bijinya. Misalnya dibandingkan dalam biji, kadar vitamin B meningkat jumlahnya 2,5-3 kali lebih besar. Kandungan gula juga mengalami perubahan sewaktu di dalam tauge, kandungan glukosa dan fruktosa meningkat 10 kali lipat bila dibandingkan dengan kadarnya sebelum berkecambah (kadar awal glukosa dan fruktosa berturut-turut adalah 0,4% dan 0,04%), sedangkan kandungan sukrosa hanya meningkat dua kali (awal 1,6%) dan galaktosa menghilang (kadar awal 3,9%).

Perkecambahan dapat dilakukan dengan berbagai cara selain dengan cara tradisional tanpa perlakuan tambahan, diantaranya adalah perkecambahan kacang hijau yang dilakukan oleh Anggraeni (2003) yang melakukan perkecambahan dengan memberi perlakuan tambahan yaitu dengan merendamnya terlebih dahulu dalam larutan polisakarida natrium alginat, yang berfungsi sebagai elisitor yang diharapkan akan meningkatkan kadar fitoaleksin yang merupakan senyawa antioksidan.

Ternyata perkecambahan kacang hijau yang dilakukan oleh Anggraeni (2003) dengan menggunakan polisakarida natrium alginat dengan konsentrasi 300 ppm tersebut menunjukkan peningkatan nilai gizi dan kadar senyawa antioksidannya, yang melebihi kandungan gizi kecambah yang tidak diberi perlakuan.

Fitoaleksin adalah kelompok senyawa yang bertindak sebagai antibodi dan disintesis apabila tumbuhan terinfeksi oleh mikroorganisme. Sebagian besar



fitoaleksin adalah fenilpropanoid fenol yang merupakan produk dari lintasan asam sikimat walaupun beberapa senyawa merupakan senyawa isoprenoid dan poliasetilen. Fitoaleksin banyak terdapat pada tumbuhan dikotil seperti biji-bijian.

Senyawa yang bertindak sebagai fitoaleksin antara lain berbagai glicoseolin di akar kedelai, pisatin di polong kapri, faseolin di polong buncis, lipomeamaron di akar ubi jalar, orkinol di umbi angrek dan trifolirhizin di akar semanggi merah (Salisbury dan Ross, 1995 yang dikutip oleh Anggraeni, 2003).

Beraneka macam senyawa, bahkan virus dapat meningkatkan produksi fitoaleksin. Senyawa yang dapat meningkatkan produksi fitoaleksin ini disebut elisitor, walaupun elisitor juga mendorong tumbuhan untuk mengaktifkan reaksi pertahanan lain. (Ebel, 1986 ; Boller, 1989 dalam Salisbury dan Ross, 1995 yang dikutip oleh Anggraeni, 2003). Beberapa elisitor merupakan polisakarida yang dihasilkan bila fungi atau bakteri patogenik menyerang dinding sel tumbuhan, sedangkan elisitor lainnya adalah polisakarida yang dihasilkan dari perombakan dinding sel fungi (Anggraeni, 2003).

Polisakarida merupakan karbohidrat yang terdiri dari tiga atau beberapa ribu unit monosakarida. Polisakarida seperti pati, glikogen dan selulosa adalah cadangan energi yang penting dan merupakan struktur komponen dari hewan dan tumbuhan. Suatu polisakarida di susun oleh ikatan  $\alpha$ -1,4 molekul glukosa. Antara 10 hingga 30 persen dari pati alami dibuat dari amilosa, pati juga mengandung amilopektin yang bercabang.

Natrium alginat merupakan produk dari karbohidrat yang telah dipurifikasi, diekstraksi dari alga laut coklat dengan garam alkali. Menurut Codex (1981) yang dikutip oleh Melala (2000), rumusnya ( $C_6H_7O_6Na$ )<sub>n</sub>. Garam natrium dari asam alginat berwarna putih sampai kekuningan berbentuk tepung/serat hampir tak berbau dan berasa. Larut air dan mengental (larutan koloid), tidak larut dalam alkohol dan larutan hidrokoloid dengan kandungan alkohol >30 persen dan tidak larut dalam kloroform, eter dan asam dengan pH <3. Larut air akibat tertolaknya anion karboksilat. Natrium alginat sukar larut dalam air keras dan susu sebab keduanya mengandung ion Ca, ion ini harus disingkirkan dengan reagen kompleks seperti EDTA (Melala, 2000).

## D. PENGERINGAN

Pengeringan adalah suatu metoda untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan menggunakan energi panas. Biasanya kandungan air bahan tersebut dikurangi sampai suatu batas agar mikroba tidak dapat tumbuh lagi didalamnya. Keuntungan dari pengeringan adalah bahan menjadi lebih awet dengan volume bahan menjadi lebih kecil sehingga mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan dan pengepakan, berat bahan juga menjadi berkurang sehingga mempermudah pengangkutan, dengan demikian diharapkan biaya produksi menjadi lebih murah (Winarno *et al.*, 1980).

Selain memiliki keuntungan, pengeringan juga mempunyai beberapa kerugian yaitu sifat asal dari bahan yang dikeringkan dapat berubah, misalnya bentuknya, sifat-sifat fisik dan kimianya, serta penurunan mutu. Kerugian yang lainnya juga disebabkan karena beberapa bahan kering perlu pekerjaan tambahan sebelum digunakan.

Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu alat pengering buatan (*artificial dryer*), atau dapat dengan penjemuran (*sun drying*) yaitu pengeringan dengan menggunakan energi langsung dari sinar matahari. Ada bermacam-macam alat pengering buatan tergantung dari bahan yang hendak dikeringkan dan tujuan pengeringannya misalnya: *freeze dryer*, *cabinet dryer*, *drum dryer*, *vacuum dryer* dan lain-lainnya.

### 1. Freeze Dryer

Pengeringan beku adalah proses pengeringan yang didahului oleh proses pembekuan. King (1971) mengemukakan bahwa pengeringan beku juga dikenal dengan istilah pengeringan sublimasi atau liofilisasi. Bahan pangan terlebih dahulu dibekukan, kemudian air langsung dikeluarkan dari bahan pangan secara sublimasi. Proses sublimasi akan terjadi jika suhu bahan dan tekanan yang digunakan berada di bawah titik tripel (0°C, 4,58 mmHg).

Alat ini mengeringkan dengan dua tahap, tahap pertama dengan sublimasi mendekati 15% kadar air basis basah dan evaporasi pengeringan

dari air yang tidak beku mendekati 2% kadar air basis basah (Fellows, 1990). Kelebihan dari alat ini adalah berguna untuk beragam jenis pangan, suhu di bawah titik beku, menggunakan tekanan rendah (27-133 Pa), perubahan zat terlarut minimal, aroma dan flavor normal, warna normal, dan tidak ada kerusakan nutrisi yang berarti, sedang kelemahannya adalah biaya pemakaian mahal, empat kali lebih mahal dari pengering lainnya (Fellows, 1990).

## 2. *Fluidized Bed Dryer*

Pengering ini terdiri dari tray-tray metal dengan dasar lubang atau yang dilubangi yang terdiri dari rak yang bisa diisi makanan hingga ketebalan 15 cm. Udara panas dihambuskan melalui rak-rak, yang menyebabkan makanan menjadi tersuspensi dan secara kuat teragitasi (Fellows, 1990). Udara secara konsekuen memiliki dua fungsi pada pengering ini yaitu sebagai pengering dan media *fluidizing* sehingga area permukaan secara maksimum dapat digunakan untuk pengeringan makanan. Pengering dalam beroperasi dapat berupa batch atau kontinyu, pada bagian akhir biasanya dihubungkan dengan *vibrating base* (pengaduk) untuk menolong menggerakkan produk.

*Fluidized bed dryer* adalah pengering yang kompak dan memiliki kontrol yang baik terhadap kondisi pengeringan. Secara relatif efisiensi termalnya tinggi dan laju pengeringannya tinggi. Pada operasi batch, produk dicampur dengan fluidisasi, hal ini akan mengarah kepada pengeringan yang seragam. Pada pengeringan tipe kontinyu ada variasi kadar air yang besar pada produk yang dikeringkan sehingga *bin dryer* digunakan untuk penyelesaiannya. *Fluidized bed dryer* dibatasi untuk makanan particulat yang dapat difluidisasi tanpa kerusakan mekanik yang ekstrim.

## 3. *Drum Dryer*

Drum yang keras yang berputar dengan kecepatan rendah dipanaskan secara internal dengan uap bertekanan hingga 120-170°C. lembaran tipis makanan kemudian disebar secara merata di permukaan drum. Sebelum drum menyelesaikan satu putaran penuh (20 detik-3 menit), makanan yang

dikeringkan dikikis oleh pisau yang kontak dengan permukaan drum sepanjang panjang drum.

Pengering dapat berupa drum tunggal atau dua drum atau drum kembar. Drum tunggal secara luas digunakan sesuai dengan fleksibilitasnya yang besar dan proporsi yang luas dari area drum yang dapat digunakan untuk pengeringan, kemudahan akses untuk pemeliharaan dan tidak ada resiko kerusakan yang disebabkan oleh objek metal yang jatuh diantara drum.

*Drum dryer* memiliki laju pengeringan yang tinggi dan memiliki efisiensi energi tinggi. Alat ini cocok untuk bahan berbentuk bubuk dimana partikelnya terlalu besar untuk *spray dryer*. Namun demikian biaya modal yang tinggi dari mesin drum ini, dan kerusakan panas pada makanan yang sensitif dari suhu drum yang tinggi menyebabkan banyak yang beralih ke *spray dryer* untuk mengeringkan makanan (Fellows, 1990).

## E. SIFAT FISIK TEPUNG

Sifat fisik tepung secara umum meliputi sifat dasar, sifat fungsional, dan sifat negatif. Sifat dasar tepung terdiri dari kelembaban, ukuran dan distribusi partikel, densitas partikel, bentuk partikel, dan densitas kamba. Sifat fungsional tepung terdiri atas sifat rekonstitusi, *flowability*, *hygroscopicity*, *caking*, dan *thermostability*. Sedangkan sifat negatif tepung berkaitan dengan indeks kelarutan, partikel yang hangus, lemak bebas, dan derajat putih, serta kehalusan partikel. Pada penelitian ini akan diamati beberapa sifat fisik yang meliputi beberapa sifat dasar, sifat fungsional dan sifat negatif dari tepung kecambah yaitu derajat putih, sudut repos, struktur mikroskopis, ukuran partikel, viskositas, densitas, *wettability*, *solubility*, dan *dispersibility*.

### 1. Densitas Kamba (*Loose Bulk Density*)

Merupakan perbandingan antara berat bahan dan volume ruang yang ditempati dan dinyatakan dengan satuan g/ml. Nilai densitas kamba menunjukkan porositas dari bahan, yaitu jumlah rongga udara yang terdapat diantara partikel-partikel bahan. Densitas kamba dan sudut repos penting

diketahui dalam merencanakan suatu gudang penyimpanan, volume alat pengolahan atau sarana transportasi, juga mengkonversi harga satuan (Syarif dan Irawati, 1988).

Densitas kamba memegang peranan penting dalam memperkirakan volume ruang yang dibutuhkan suatu bahan pangan dengan berat tertentu seperti pada proses pengisian silo, alat pencampur (*mixer*) maupun konveyor. Apabila suatu bahan mempunyai densitas kamba yang rendah ( $<0.45$  g/ml) membutuhkan waktu mengalir dengan arah vertikal lebih lama serta dapat ditimbang lebih teliti dengan alat penakar otomatis, dan sebaliknya dengan bahan pangan yang memiliki kerapatan yang besar ( $>1$  g/ml).

## 2. Densitas Padat (*Compacted Bulk Density*)

Densitas padat adalah perbandingan antara berat bahan terhadap volume yang ditempati setelah melalui proses pepadatan seperti penggoyangan (Khalil, 1999). Kapasitas silo, kontainer, serta kemasan seperti karung dipengaruhi oleh besarnya nilai densitas padat.

Dengan mengetahui nilai densitas padat bermanfaat pada saat pengisian bahan ke dalam wadah yang diam tetapi bergetar. Densitas padat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran partikel bahan pakan (Gautama, 1998).

## 3. *Wettability*

*Wettability* adalah kemampuan suatu partikel tepung untuk menyerap air pada permukaannya dan merupakan proses awal dari proses rekonstitusi. Tepung dengan ruang interpartikulat kecil dan ukuran kurang dari 100 mikrometer dan berstruktur padat, serta mengandung lemak bebas akan sulit untuk dibasahi. Aglomerasi hingga 200 mikrometer akan meningkatkan *wettability* karena air akan dapat masuk ke pori-pori dan membasahi partikel.

#### 4. *Solubility* (Kelarutan)

*Solubility* adalah pengukuran mengenai berapa banyak zat terlarut yang akan larut pada zat pelarut. Tidak semua substansi akan larut pada semua zat pelarut. Pengukuran dinyatakan dalam persentase setelah sentrifugasi dan pengeringan endapan tidak larut.

#### 5. *Dispersibility*

*Dispersibility* adalah kemampuan untuk didistribusikannya tepung seluruhnya ke dalam air, yaitu kemampuan dari gumpalan atau aglomerat untuk jatuh dan menyebar dalam air.

#### 6. Derajat Putih

Derajat putih adalah tingkat keputihan suatu bahan. Derajat putih erat hubungannya dengan mutu bahan. Konsumen biasanya lebih menyukai bahan pangan yang berwarna putih bersih terutama bahan pangan yang berupa tepung.

#### 7. Sudut Repos

Sudut repos adalah sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan tumpukan bahan yang dicurahkan (Peleg dalam Peleg dan Bagley, 1983). Sudut repos merupakan salah satu kriteria kebebasan bergerak dari suatu partikel, dimana semakin bebas suatu partikel bergerak maka sudut repos yang akan terbentuk juga semakin kecil.

Sudut repos erat kaitannya dengan gaya kohesi, partikel bahan yang mempunyai gaya kohesi yang tinggi akan menyebabkan kebebasan bergerak suatu bahan tersebut akan rendah. Suatu bahan yang memiliki kebebasan gerak yang rendah akan menyebabkan sudut repos menjadi besar. Hal ini berhubungan erat dengan kuatnya gaya tarik menarik antara partikel bahan itu sendiri (Carr, 1976).

Tabel 2. Hubungan kohesivitas dengan sudut repos

Kohesivitas	Sudut repos
Rendah	<35°
Sedang	35-45°
Tinggi	45-55°
Sangat tinggi	>55°

Sumber: Carr (1976)

Selain itu sudut repos juga berpengaruh terhadap efisiensi pengangkutan bahan secara mekanik serta kemudahan dan kecepatan pengangkutan suatu bahan dengan traktor sekop (*shovel*) atau konveyor (Ruttloff, 1981 dalam Khalil, 1999). Gerald *et al.* (1990) menyatakan bahwa pengukuran sudut repos merupakan metode yang cepat dan produktif untuk menentukan laju aliran atau daya luncur suatu bahan. Pada suatu bahan yang mempunyai daya luncur yang besar maka kerucutnya akan bersudut datar sedangkan pada bahan yang mempunyai daya luncur yang lambat menyebabkan penumpukan di muka corong sehingga menyumbat corong.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. BAHAN DAN ALAT

##### 1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah biji kacang hijau yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang, Bahan perendam yang digunakan ialah polisakarida berupa natrium alginat 300 ppm yang diperoleh dari toko bahan kimia Setia Guna. Kertas merang ukuran 20 x 30 cm, yang digunakan sebagai media perkecambahan yang diperoleh dari Toko kertas di Pasar Anyar, Bogor.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam analisis komponen nutrisi adalah HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etanol 80%, NaOH, heksana, reagent Folin Ciocalteu 50%, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5%, etanol 95%, larutan standar asam tanat, bufer sitrat pH 5.7, larutan DNS, pati 1%, pereaksi Bradford, Comassie Brilliant Blue G-250, BSA (*Bovine Serum Albumin*), asam fosfat 85%, toluen, 2,2' bipyridin, FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O,  $\alpha$ -tokoferol murni, kloroform-metanol 2:1, NaCl 0.88%, gas nitrogen, Pb asetat 45%, potassium oksalat, pereaksi Shaffer Somogyi, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2N, iodida oksalat, Na-tiosulfat 0.005 N, BHT, minyak kedelai murni, tween 80, metanol, aluminium foil, air bebas ion dan akuades.

##### 2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *drum dryer*, *freeze dryer*, *fluidized bed dryer*, *Willey mill*, spektrofotometer, oven, cawan aluminium, desikator, timbangan analitik, penangas air, kertas saring, pH meter, magnetik stirrer, corong buchner, blender kering, kuvet, sentrifuse, vorteks, kapas, hot plate, buret, *shaker*, *rancimat metrohm* dan alat-alat gelas.



## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap produksi fenolik selama germinasi kacang hijau, yaitu tahap yang dilakukan untuk menentukan waktu germinasi optimum dari kecambah terelisisasi natrium alginat 300 ppm, yang memberikan kandungan senyawa fenolik dan total tokoferol yang maksimal. Tahap yang kedua adalah tahap pengaruh pengeringan kecambah kacang hijau, yaitu tahap dimana kecambah kacang hijau dengan umur germinasi optimum dikeringkan dengan *freeze dryer*, *drum dryer* dan *fluidized bed dryer* yang selanjutnya akan dianalisis sifat fisik, kimia dan fungsional tepung kecambah.

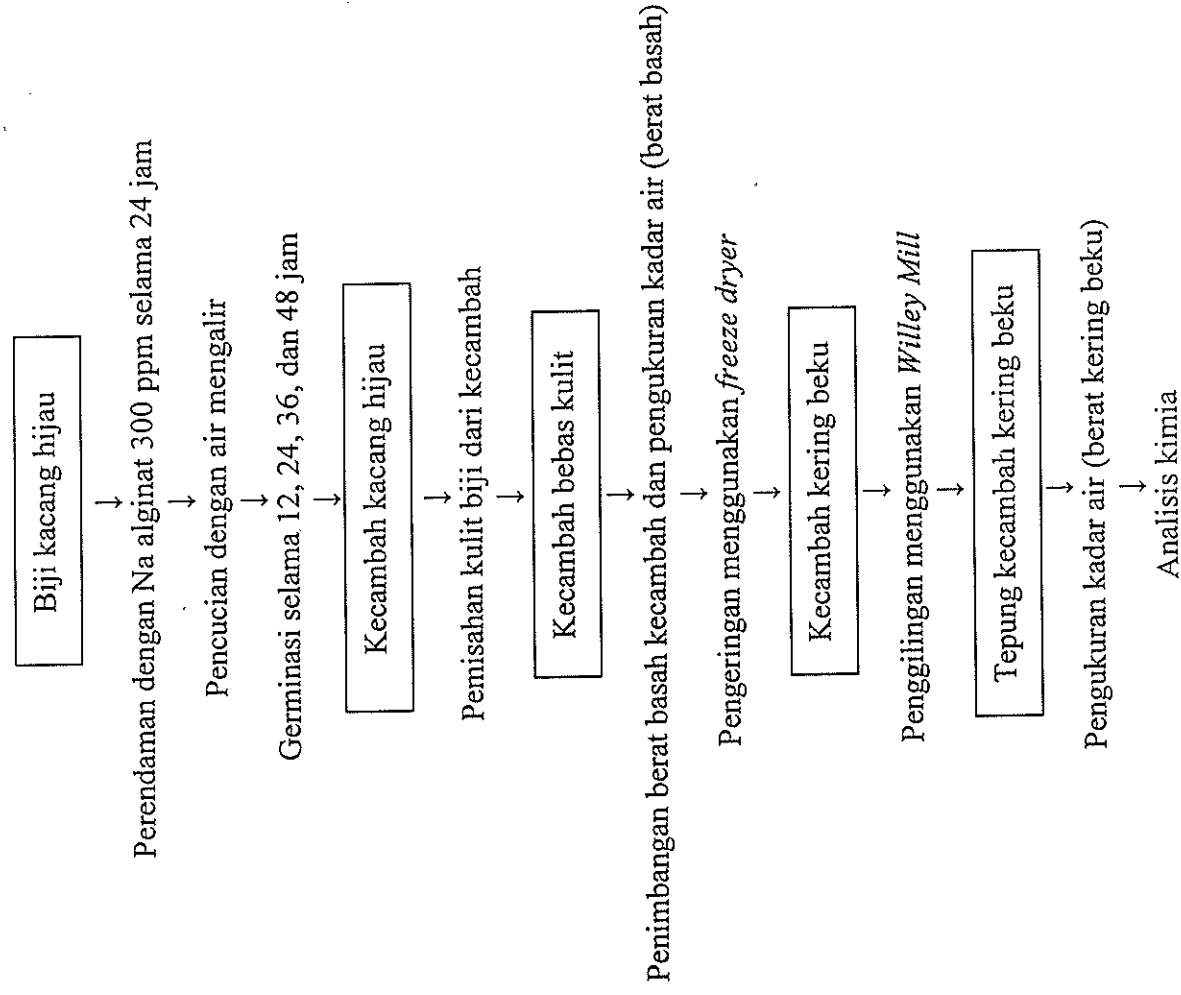
### 1. Produksi Senyawa Fenolik Selama Germinasi Kacang Hijau

Pada tahap produksi senyawa fenolik, dilakukan penentuan waktu germinasi yang paling optimal untuk memperoleh kecambah kacang hijau dengan produksi senyawa fenolik yang maksimal. Skema prosedur kerja penelitian disajikan pada Gambar 2. Analisis kimia yang dilakukan terhadap kecambah kacang hijau kering beku meliputi kandungan total fenol, dan total tokoferol, selain itu juga ditetapkan rendemen kecambah kacang hijau berdasarkan satuan berat.

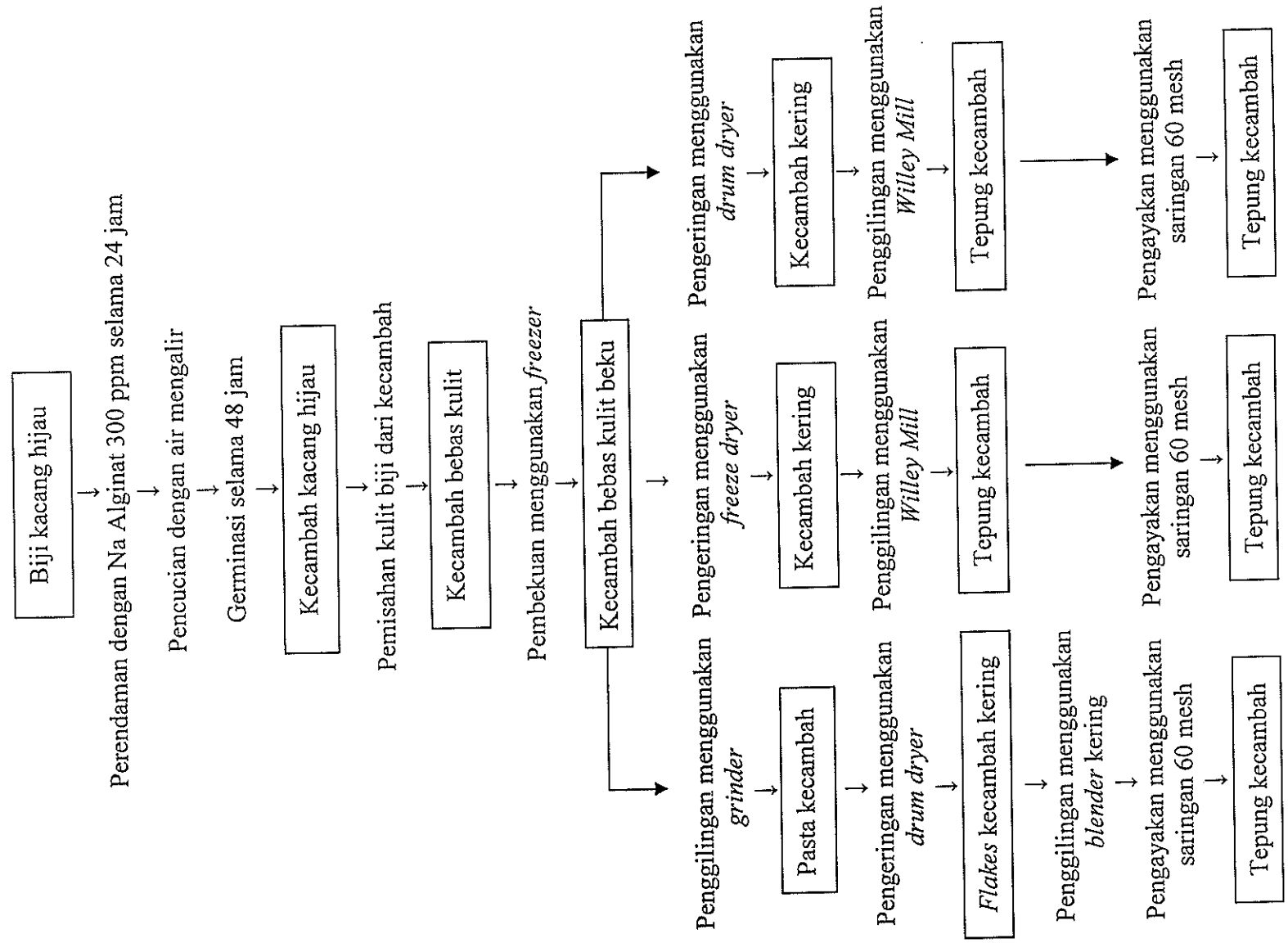
### 2. Pengaruh Proses Pengeringan Untuk Produksi Tepung Kecambah Kacang Hijau

Analisis pengaruh pengeringan kecambah kacang hijau dimulai dengan proses perkecambahan biji kacang hijau selama 48 jam. Kemudian dikeringkan dengan pengering *freeze dryer*, *drum dryer* dan *fluidized bed dryer*. Kecambah kacang hijau hasil pengeringan selanjutnya diproses menjadi tepung dengan menggunakan *Wiley mill* dan kemudian diayak dengan saringan mesh. Tepung kecambah yang diperoleh selanjutnya dianalisis. Analisis tepung kecambah meliputi analisis sifat fisik tepung yaitu analisis derajat putih, sudut repos, struktur mikroskopis, ukuran partikel, viskositas, densitas, *wettability*, *solubility* serta *dispersibility*; analisis sifat kimia-fungsional terdiri dari kadar total fenol, kadar vitamin E, total karoten

kimia-fungsional terdiri dari kadar total fenol, kadar vitamin E, total karoten dan aktifitas antioksidan serta analisis gula pereduksi dan aktifitas  $\alpha$ -amilase. Skema prosedur kerja penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram alir produksi kecambah untuk penentuan produksi fenolik selama germinasi kacang hijau



Analisis fisik, fisik-fungsional, kimia, dan kimia-fungsional tepung kecambah

Gambar 3. Diagram alir produksi tepung kecambah

## C. PROSEDUR ANALISIS

### 1. Analisis Sifat Fisik Tepung Kecambah Kacang Hijau

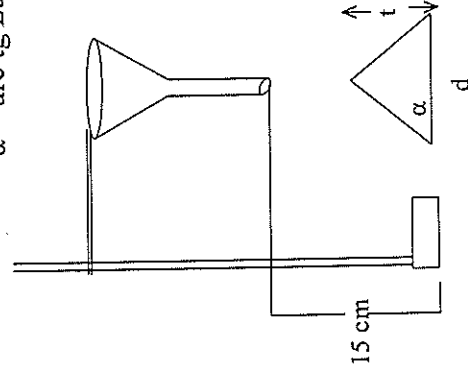
#### a. Derajat Putih (Balmaceda *et al.*, 1984)

Penentuan derajat putih tepung kecambah kacang tunggak dilakukan dengan menggunakan alat pengukur derajat putih *whitenessmeter*. Sejumlah sampel ditempatkan pada wadah *whitenessmeter*, kemudian wadah diputar sehingga terletak di bawah lensa dan diukur nilai derajat putihnya. Kalibrasi alat dilakukan terlebih dahulu dengan *plate* standar warna putih senilai 81.6%

#### b. Sudut Repos (Khalil, 1999)

Pengukuran sudut repos dilakukan dengan cara menjatuhkan bahan pada ketinggian tertentu (15 cm) melalui corong pada bidang datar seperti pada Gambar 4. kertas putih digunakan sebagai alas bidang datar. Sampel dicurahkan secara perlahan pada dinding corong dengan bantuan sendok pada posisi corong yang tetap sehingga diusahakan jatuhnya bahan selalu konstan. besarnya sudut repos dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Sudut repos} = \text{tg } \alpha = t/0,5 \text{ d} = 2t/d$$
$$\alpha = \text{arc tg } 2t/d$$



Gambar 4. Pengukuran sudut repos

### c. Struktur Mikroskopis

Tepung kecambah dilarutkan dalam sejumlah air sehingga diperoleh larutan tepung yang encer. Larutan tersebut kemudian diamati di bawah mikroskop polarisasi dan difoto strukturnya.

### d. Ukuran Partikel

Tepung kecambah diayak menggunakan ayakan dalam berbagai ukuran mesh, yaitu 60, 80, dan 100 mesh. Ukuran partikel tepung dinyatakan dalam satuan mesh.

### e. Viskositas

Pengujian dilakukan dengan cara : menyiapkan 1,5 gram sampel kemudian dilarutkan dengan 15 ml akuades lalu dimasukkan ke dalam alat Rotovisco™ RV20. kemudian dioperasikan hingga diperoleh keluaran dalam bentuk hasil print out. Alat dioperasikan pada suhu 25°C, *shear rate* 60.00/s, selama 3.00 menit. Viskositas dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{\tau}{D} \text{ (Pa s)}$$

Di mana :  $\eta$  : viskositas  
 $\tau$  : *shear stress* (Pa)  
D : *shear rate* (1/s)

### f. Densitas Kamba (Khalil, 1999)

Densitas kamba diukur dengan cara memasukkan sampel ke dalam gelas ukur sampai volume tertentu dan kemudian berat bahan ditimbang. Densitas kamba dihitung dengan cara membagi berat bahan dengan volume ruang yang ditempati. Densitas kamba dinyatakan dalam satuan g/ml.



**g. Densitas Padat (Khalil, 1999)**

Densitas padat diukur dengan cara memasukkan bahan ke dalam gelas ukur sampai volume tertentu dan kemudian berat bahan ditimbang. Densitas padat dihitung dengan cara membagi berat bahan dengan volume ruang yang ditempati setelah dilakukan pemadatan sampai volumenya konstan. Densitas padat dinyatakan dalam satuan g/ml.

**h. *Wettability* (Bhandari, 2000)**

Untuk menganalisis kemampuan menjadi basah ini, metode yang dilakukan adalah dengan menghitung waktu yang diperlukan tepung menjadi basah. Sebanyak 10-13 g tepung dimasukkan pada 100 ml air pada suhu kamar. Saat mulai dijatuhkan, waktu mulai dihitung.

**i. *Solubility* (Fardiaz et al., 1992)**

Sejumlah sampel dilarutkan ke dalam 100 ml aquades, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Agar lebih cepat dapat digunakan pompa vakum. Setelah penyaringan, kertas saring beserta residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Sebelum digunakan, kertas saring dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 105°C lalu ditimbang. *Solubility* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kelarutan} = 1 - \frac{(c - b)}{100 - \% \text{ kadar air}} \times 100\%$$
$$\frac{100}{x a}$$

Di mana : a = berat contoh yang digunakan

b = berat kertas saring

c = berat kertas saring + residu

kadar air = kadar air contoh yang digunakan (% berat basah)

**j. Dispersibility (Bhandari, 2000)**

Pengukuran dinyatakan dalam persentase, metode yang dilakukan yaitu diukur persentase dari tepung yang larut setelah pengadukan 10-13 g tepung dalam 100 ml air pada suhu kamar selama 20 detik dan selanjutnya larutan yang terbentuk tersebut disaring dengan saringan berukuran 150 mikrometer. Selanjutnya tepung tersebut dikeringkan dan dihitung persentase zat yang terlarut dalam air.

$$\text{Dispersibility} = \frac{\text{berat sampel} - \text{berat residu}}{100 \text{ ml}} \times 100\%$$

**2. Analisis Sifat Kimia Tepung Kecambah Kacang Hijau**

**a. Kadar Air (Apriyantono *et al.*, 1989)**

Contoh sebanyak 5.0 gram dimasukkan ke dalam cawan, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu  $100 \pm 20^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam. Setelah itu dimasukkan ke dalam ruang desikator. Kadar air ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{kadar air (\%bb)} = \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot akhir}}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

**b. Total Fenol Metode Chandler dan Dodds yang Dimodifikasi (Shetty *et al.*, 1995 yang dikutip oleh Andarwulan, 1995)**

Analisis total fenol dimulai dengan ekstraksi fenol tepung kecambah. Tepung kecambah sebanyak 50 mg dicampur dengan 2.5 ml etanol 95%, kemudian divorteks dan disentrifuse pada 4000 rpm selama 5 menit. Supernatnya diambil untuk dianalisis.

Analisis total fenol dilakukan dengan menempatkan 0.5 ml ekstrak ke dalam tabung reaksi yang telah diisi dengan 0.5 ml etanol 95% dan 2.5 ml air bebas ion. Kemudian ditambahkan 2.5 ml folin ciocalteu 50%, didiamkan selama 5 menit, dan ditambahkan 0.5 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5%. Larutan ini divorteks sampai homogen dan disimpan dalam ruang gelap selama 60

menit. Setelah itu diukur absorbansinya pada 725 nm. Kurva standar dibuat dengan mengganti ekstrak menggunakan asam tanat konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Persamaan hasil regresi linier kurva standar, yaitu  $y = 0.008x + 0.0033$  (Lampiran 1), digunakan untuk mencari total fenol sampel.

### c. Total Tokoferol Metode Emmerie-Engel (IUPAC, 1987)

Ekstraksi minyak tepung merupakan langkah awal analisis kadar vitamin E atau tokoferol. Tepung kecambah sebanyak 2.5 g dilarutkan ke dalam 10 ml larutan kloroform:metanol (2:1) kemudian distirer selama 30 menit dan disaring. Endapan disaring lagi dengan bantuan larutan kloroform-etanol. Filtrat diambil dan ditambah 2 ml NaCl 0.88%. Penambahan ini menyebabkan pemisahan fase metanol dan fase kloroform. Fase metanol dibuang, sedangkan fase kloroform dihibus dengan  $N_2$  hingga berat ekstrak tetap.

Analisis kadar vitamin E dilakukan dengan menimbang ekstrak minyak sebanyak  $200 \pm 10$  mg di dalam labu takar 10 ml, lalu ditambahkan 5 ml toluen, 3.5 ml 2,2'-bipiridin (0.07%w/v dalam etanol 95%) dan 0.5 ml  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  (0.2% w/v dalam etanol 95%). Larutan kemudian ditepatkan sampai 10 ml dengan etanol 95%. Setelah dibiarkan selama 1 menit, absorbansi ditentukan pada panjang gelombang 520 nm dengan larutan blanko seperti di atas tanpa sampel. Larutan harus terhindar dari cahaya langsung selama pembentukan warna terjadi.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan kurva standar yang dibuat dari 0 – 240  $\mu g$   $\alpha$ -tokoferol murni di dalam 10 ml toluen, kemudian dianalisa seperti langkah di atas. Persamaan kurva standar tokoferol yang diperoleh adalah  $y = 0.0225x - 0.0016$  (Lampiran 1). Konsentrasi tokoferol dalam tepung kecambah dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Total tokoferol (ppm)} = \frac{A(\text{sampel}) - A(\text{Blanko})}{M \times \text{BeratTepungKecambah}}$$

Di mana M = gradien pada kurva standar



#### d. Total Karoten

Sebanyak 1 gram tepung kecambah dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml. Kemudian labu takar yang berisi tepung kecambah tersebut ditambah dengan heksana dan ditepatkan hingga tanda tera selanjutnya absorbansi dibaca pada panjang gelombang 450 nm. Total Karoten dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total Karoten (ppm)} = \frac{A_{450} \times 10 \times \text{FP} \times 100}{2500 \times \text{berat sampel}}$$

### 3. Analisis Sifat Kimia-Fungsional Tepung Kecambah Kacang Hijau

#### a. Aktifitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan ini berdasarkan *water in oil (w/o)*, pengukuran dilakukan dengan mencampur 10 ml minyak kedelai murni, 1 ml sampel dan 3 ml tween 80 hingga homogen. Kemudian 3 g emulsi ini dimasukkan ke sampel sel dan dilakukan pengujian pada suhu 100°C dengan alat ransimat.

#### b. Gula Pereduksi Metode Shaffer Somogyi (AOAC, 1984)

Mula-mula ditimbang tepung sebanyak 20-30 g dan ditambah dengan etanol 80% (dengan perbandingan 1:1 atau 1:2). Setelah itu sampel diekstrak dengan menggunakan waring blender. Ekstrak kemudian disaring dengan kapas. Sisa padatan dicuci kembali dengan etanol 80%. Filtrat yang diperoleh diukur pH-nya, jika asam maka ditambah CaCO<sub>3</sub> sampai dengan cukup basa. Setelah itu larutan dipanaskan pada suhu 100°C selama 30 menit, dan disaring dengan kertas *Whatman* No.2. Alkohol dihilangkan dengan memanaskan filtrat pada suhu 85°C. Jika masih ada endapan maka dilakukan penyaringan lagi. Filtrat yang sudah bersih lalu ditambah Pb Asetat jenuh. Pb kemudian

dihilangkan dengan penambahan Na Oksalat. Setelah itu filtrat ditetapkan menjadi volume tertentu dengan aquades.

Untuk analisis gula pereduksi, ekstrak sampel dipipet sebanyak 5 ml dan ditambah pereaksi Shaffer Somogyi, diaduk rata serta ditutup aluminium foil. Setelah itu dipanaskan selama 15 menit pada suhu mendidih. Lalu diangkat tanpa menggoncang dan didinginkan selama 4 menit. Selanjutnya ke dalam campuran tersebut ditambah 2 ml iodida oksalat dan 3 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 N, tidak perlu diaduk, cukup digoyang 2 kali untuk meyakinkan *cuprus oksida* sudah larut semua. Kemudian dititrasikan dengan larutan Na-tiosulfat 0.005 N dan sebelumnya ditambah 2 tetes indikator pati 1%. Kadar gula pereduksi ditentukan dengan rumus :

$$\text{mg dekstrosa} = 1.0099 \times (\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.005 N bersih}) + 0.048$$

$$\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.005 N bersih} = \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.005 N (blanko-sampel)}$$

$$\% \text{Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg dekstrosa} \times \text{volume made up}}{5 \times \text{berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

### c. Aktifitas $\alpha$ -amilase

Enzim yang terdapat dalam sampel diekstrak dengan melarutkan sampel dalam aquades kemudian diaduk dan dikocok dengan shaker selama 1 jam. Selanjutnya larutan disaring dengan kapas dan disentrifuse 2000 rpm selama 20 menit. Endapan dipisahkan dan supernatan yang mengandung enzim digunakan untuk analisis aktifitas enzim  $\alpha$ -amilase.

Sebanyak 1 ml cairan enzim  $\alpha$ -amilase dicampur dengan 1 ml larutan tepung kecambah 1% dalam buffer sitrat 5.7 dan diinkubasikan pada suhu 37°C selama 3 menit. Selanjutnya ditambahkan 2 ml pereaksi dinitrosalisilat dan ditempatkan dalam air mendidih selama 5 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 550 nm. Blanko dibuat dengan menggunakan aquades sebagai pengganti filtrat enzim. Kadar maltosa dari campuran reaksi dihitung dengan menggunakan kurva standar maltosa murni yang diperoleh dengan cara mereaksikan larutan maltosa standar (konsentrasi 0.2-2.0 mg/ml larutan buffer sitrat) dengan pereaksi DNS menggunakan prosedur seperti di atas.

Persamaan kurva standar maltosa yang diperoleh adalah  $y = 1.008x - 0.0394$  ( $r^2 = 0.9875$ ). Kurva standar dapat dilihat pada Lampiran 2. Unit aktifitas enzim  $\alpha$ -amilase dinyatakan dalam satuan unit/ml cairan enzim. Satu unit aktifitas setara dengan satu mikromol maltosa/menit. Untuk menghindari kesalahan analisis yang ditimbulkan oleh gula pereduksi yang terdapat dalam filtrat enzim, kandungan gula pereduksi dalam filtrat dianalisis secara terpisah tanpa penambahan substrat.

$$\text{Unit aktifitas enzim/ml filtrat enzim} = \frac{\text{mg maltosa} \times 1000 \times \text{FP}}{3 \times \text{BM maltosa}}$$

FP : faktor pengenceran

$$\text{Unit aktifitas enzim/mg protein} = \frac{\text{Unit aktifitas enzim/ml filtrat enzim}}{\text{mg protein}}$$

Pengukuran protein terlarut perlu dilakukan untuk mendukung hasil analisis aktifitas enzim  $\alpha$ -amilase. Aktifitas  $\alpha$ -amilase menggunakan satuan unit aktifitas enzim/mg protein sehingga untuk penentuan jumlah protein yang terdapat pada sampel dilakukan analisis pengukuran protein terlarut. Sampel yang digunakan sama dengan sampel yang digunakan pada analisis aktifitas  $\alpha$ -amilase. Sebanyak 0.1 ml sampel dipipet dan ditambahkan 5 ml pereaksi Bradford, lalu didiamkan 5 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 595 nm. Blanko berupa 0.1 ml aquades dan 5 ml pereaksi Bradford, Konsentrasi protein terlarut ditentukan dengan kurva standar. Kurva standar dibuat dengan menggunakan larutan standar BSA yang memiliki konsentrasi protein BSA 0.1; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; dan 1.0 mg/ml. Selanjutnya pengukuran kadar protein terlarut (mg protein) menggunakan cara yang sama dengan pengukuran sampel. Persamaan kurva standar protein Bradford yang diperoleh yaitu,  $y = 1.3345x - 0.0407$  ( $r^2 = 0.9934$ ).

#### D. RANCANGAN PERCOBAAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Satu Faktorial dengan dua kali ulangan, kecuali untuk analisis viskositas yang dilakukan satu kali ulangan.

$$Y_i = \mu + A_i + \epsilon_i$$

Di mana;  $Y_i$  : Nilai pengamatan

$\mu$  : Nilai tengah umum

$A_i$  : Pengaruh perlakuan A ke-i

$\epsilon_i$  : Pengaruh acak perlakuan ke-i

Data yang diperoleh kemudian diolah dengan ANOVA untuk melihat pengaruh perlakuan yang telah diberikan. Hasil ANOVA kemudian dilanjutkan dengan uji Tukey HSD untuk mengetahui perlakuan yang menunjukkan perbedaan yang nyata.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. PRODUKSI SENYAWA FENOLIK SELAMA GERMINASI KECAMBAH KACANG HIJAU

Menurut Bewley (1985) yang dikutip oleh Suratno (1995), germinasi biji adalah satu fase dalam proses pertumbuhan dari pembuahan sel telur menjadi tanaman tua. Germinasi terjadi dengan penyerapan air oleh biji (imbibisi) dan berakhir dengan dimulainya elongasi oleh sumbu embrio, biasanya terjadi di bulu akar.

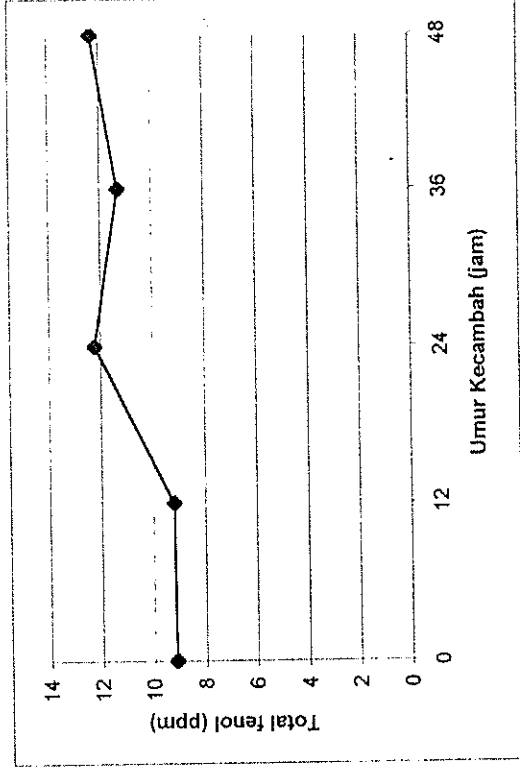
Selama perkecambahan terjadi pengukuran makromolekul menjadi menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, sehingga lebih mudah untuk dicerna. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Anggraeni (2003), menyatakan bahwa perkecambahan yang diberi perlakuan elisitasi dengan polisakarida memberikan pengaruh terhadap nilai gizi kecambah dimana kandungannya lebih baik dari pada kecambah yang tidak mendapat perlakuan elisitasi dan menghasilkan senyawa antioksidan yang lebih tinggi pula.

Penelitian pada tahap ini bertujuan untuk menentukan umur kecambah yang akan menghasilkan kecambah dengan tingkat produksi senyawa antioksidan tertinggi khususnya senyawa fenolik dan total tokoferol yang dianalisis pada umur kecambah 0, 12, 24, 36 dan 48 jam. Analisis produktifitas fenolik dimulai dengan merendam biji kacang hijau varietas betet yang diperoleh dari Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Biji-bijian Malang, dalam larutan natrium alginat dengan konsentrasi 300 ppm sebagai polisakarida yang bertindak sebagai elisitor, selama satu hari satu malam, pemilihan natrium alginat dengan konsentrasi 300 ppm berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Anggraeni (2003), yang menyatakan bahwa natrium alginat merupakan polisakarida yang mampu memberikan efek elisitasi tertinggi pada kecambah kacang hijau dibandingkan dengan polisakarida lain yaitu dekstrin, pati dan xanthan gum. Kemudian setelah dibersihkan dari sisa-sisa natrium alginat dengan air mengalir kemudian biji kacang hijau dkecambahkan pada wadah yang diberi alas kain basah lalu ditutup dengan kain dan digerminasikan selama 48 jam dengan selang waktu 12 jam. Hasil germinasi kacang hijau kemudian dihilangkan kulitnya,

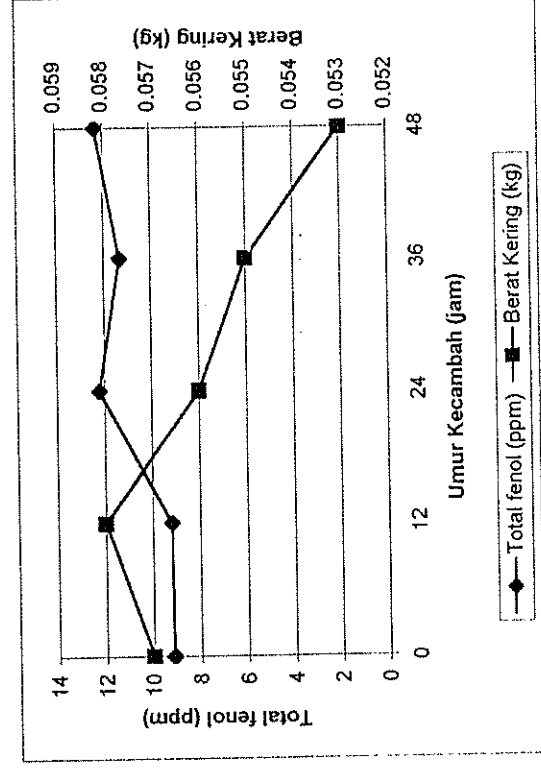
dihitung rendemennya dan kadar airnya. Selanjutnya untuk memudahkan analisis, kecambah kacang hijau dikeringbekukan dengan *freeze dryer* dan sampel siap diekstraksi atau disimpan dalam *freezer*.

Dari analisis yang telah dilakukan diperoleh total fenol berdasarkan berat kering seperti pada Gambar 5. Pada gambar tersebut dapat dilihat kadar dari total fenol pada kecambah kacang hijau. Total fenol tertinggi diperoleh pada kecambah berumur 48 jam dengan kandungan 12.33 ppm. Data lengkap hasil analisis kadar total fenol dapat dilihat pada Lampiran 3. Senyawa fenolik yang dihasilkan oleh tanaman memiliki fungsi diantaranya sebagai daya pertahanan dari tanaman dari serangan mikroba. Produksi total fenol pada umur kecambah 0 jam sampai dengan 48 jam yang merupakan hasil kali kadar total fenol dengan berat kecambahnya diperlihatkan seperti pada Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut produksi fenol tertinggi terjadi pada masa perkecambahan umur germinasi 12 jam.

Menurut Shahidi dan Naczk (1995), senyawa fenolik dihubungkan dengan nutrisi dan kualitas sensori dari pangan yang diperoleh dari tanaman. Bila pada konsentrasi rendah, senyawa fenolik dapat melindungi pangan tersebut dari kerusakan oksidatif, dan pada konsentrasi tinggi produk oksidasinya atau senyawa fenolik itu sendiri akan berpartisipasi dalam *discoloration* pangan tersebut, berinteraksi dengan protein, karbohidrat dan mineral. Sebagai tambahan pula *astringency* dan *bitterness* dari pangan bergantung pada konsentrasi senyawa fenolik.



Gambar 5. Kurva total fenol berdasarkan berat kering pada umur kecambah 0 jam hingga 48 jam



Gambar 6. Produksi total fenol pada umur kecambah 0 jam hingga 48 jam

Vitamin E (tokoferol) adalah vitamin yang larut lemak yang ada pada delapan isomer yang berbeda. Setiap strukturnya memiliki aktivitas biologi tersendiri, potensi dan fungsi fungsional pada tubuh.  $\alpha$ -tokoferol merupakan bentuk aktif dari vitamin E pada manusia, dan merupakan antioksidan alami yang

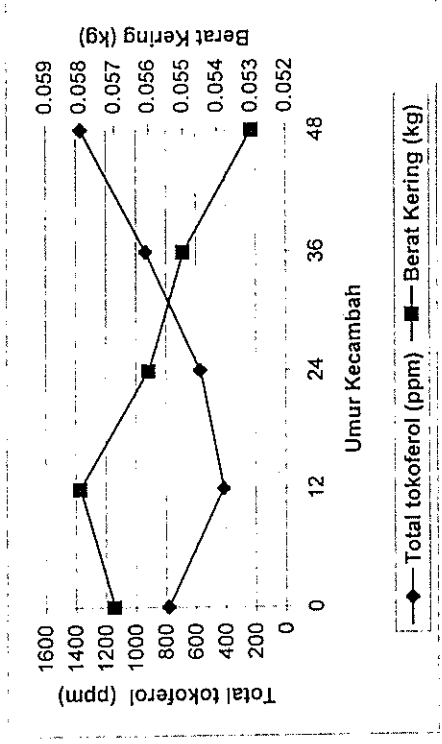
sangat besar kegunaannya. Antioksidan seperti vitamin E berfungsi sebagai pelindung sel dari efek radikal bebas, yang berpotensi merusak produk metabolisme dalam tubuh. Radikal bebas dapat menyebabkan kerusakan sel yang dapat berlanjut pada terjadinya penyakit jantung dan kanker. Minyak sayur, kacang-kacangan dan sayuran berdaun hijau adalah sumber utama dari vitamin E. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Anggraeni (2003), elisitasi dengan menggunakan natrium alginat 300 ppm berhasil meningkatkan produksi vitamin E.

Analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa total tokoferol mengalami penurunan pada 12 jam perkecambahan kemudian naik dari 24 jam perkecambahan hingga 48 jam perkecambahan. Menurut Manullang dan Suratno (1996), perkecambahan dari tiga jenis kacang yaitu kacang kedelai, kacang tanah dan kacang hijau memiliki pola kandungan tokoferol yang sama, yaitu menurun pada 24-48 jam pertama. Setelah itu, kandungan tokoferol meningkat kembali sampai batas umur tertentu lalu menurun. Data hasil analisis total tokoferol dapat dilihat pada Lampiran 4.

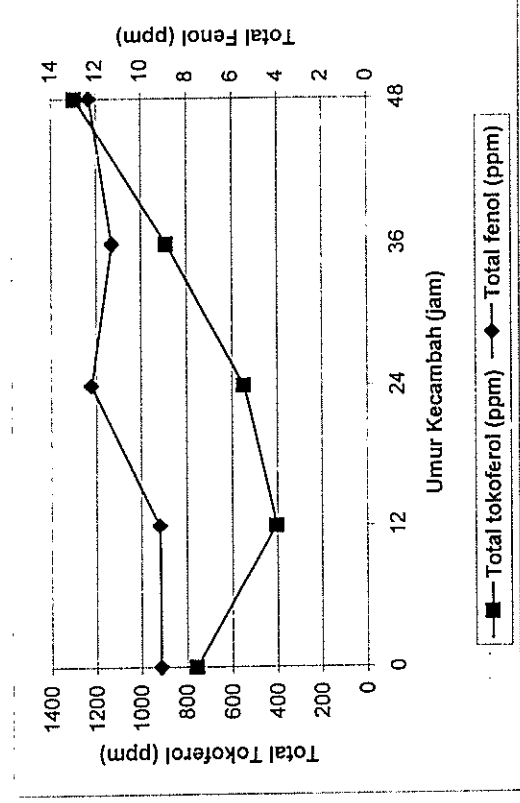
Produksi total tokoferol diperoleh dari hasil kali antara konsentrasi total tokoferol dengan berat kering kecambahnya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, produksi optimum total tokoferol terjadi pada umur kecambah 36 jam.

Dengan kandungan total fenol dan total tokoferol tersebut yang telah diperoleh, maka untuk mengetahui umur kecambah yang paling maksimal dalam menghasilkan senyawa fenolik dan tokoferol dibuat grafik hubungan waktu germinasi optimum dari kandungan total fenol dan kandungan total tokoferol, sehingga diperoleh grafik seperti Gambar 8. Pada grafik tersebut terlihat bahwa waktu germinasi yang paling maksimal memberikan produksi senyawa fenolik dan total tokoferol, yaitu pada umur perkecambahan selama 48 jam. Waktu germinasi yang optimum juga dapat dilihat pada Tabel 3. Kecambah pada waktu germinasi ini kemudian dianalisis lebih lanjut pada tahap berikutnya.





Gambar 7. Grafik hubungan total tokoferol dan berat kering kecambah.



Gambar 8. Grafik hubungan waktu germinasi optimum dari total tokoferol dan total fenol

Tabel 3. Produksi senyawa fenolik dan kadar tokoferol per 75 g biji kacang hijau pada penentuan waktu germinasi optimum

Waktu germinasi (jam)	Berat Kering Kecambah (kg)	Kandungan Total Fenol (mg)	Kandungan Total Tokoferol (mg)
0	0.057	0.52	44.58
12	0.058	0.54	24.29
24	0.056	0.69	31.99
36	0.055	0.62	51.45
48	0.053	0.65	73.14

## B. PENGARUH PENGERINGAN DENGAN ALAT PENERING *FREEZE DRYER*, *DRUM DRYER*, DAN *FLUIDIZED BED DRYER* KECAMBAH TERHADAP KACANG HIJAU BERELISITASI NATRIUM ALGINAT 300 PPM

Pengaruh pengeringan dilakukan terhadap kecambah kacang hijau yang memiliki waktu germinasi maksimum yang menghasilkan senyawa fenolik dan total tokoferol tertinggi. Pengeringan dilakukan menggunakan tiga jenis alat pengering buatan yaitu alat pengering beku (*freeze dryer*), alat pengering drum (*drum dryer*) dan alat pengering rak berfluidisasi (*fluidized bed dryer*). Alat pengering beku dijadikan sebagai kontrol, karena dengan alat pengering beku ini, diperoleh hasil yang tidak berbeda dengan bentuk segarnya. Menurut Calloway (1962), pengeringan beku dapat memberikan mutu zat gizi tertinggi di antara semua proses pengeringan.

Pengeringan dengan pengering beku dilakukan dengan membekukan bahan terlebih dahulu dengan menggunakan pendingin. Selanjutnya bahan beku tersebut dimasukkan ke dalam ruang hampa. Jika tekanan dikurangi dan telah mencapai satu torr, kalor dipasok kepada bahan beku tersebut. Es tak akan mencair karena tekanan yang rendah dan cepatnya pembuangan kalor oleh uap air yang keluar dari bahan pangan. Suhu plat pemanas beragam selama pengolahan, dari di atas 100°C sampai sekitar 55°C.

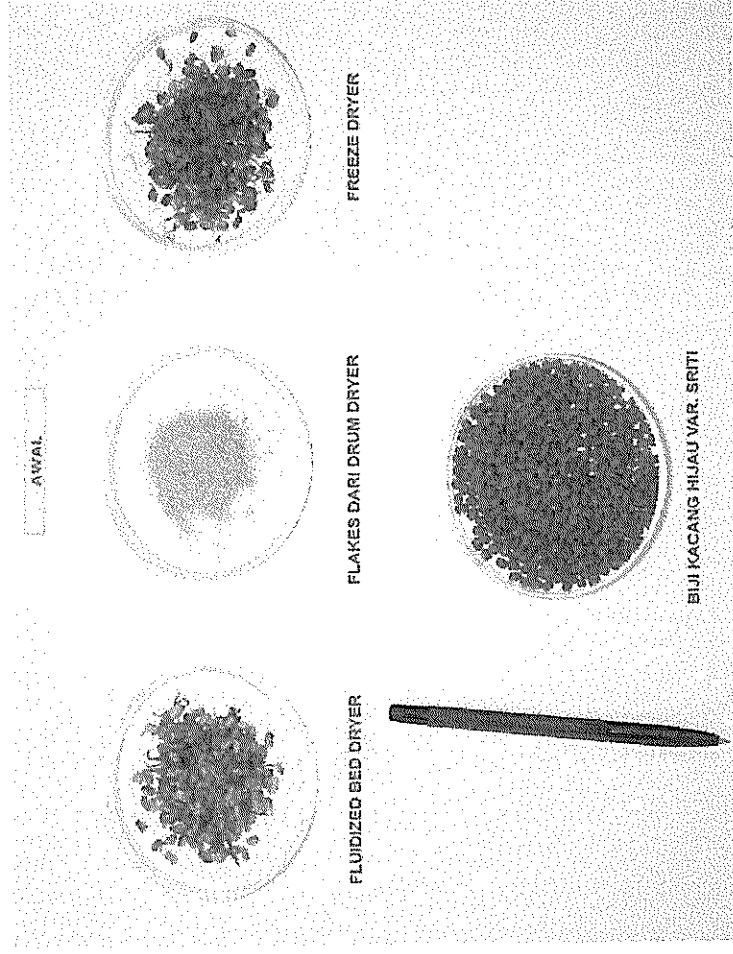
Plat pemanas menunjukkan suhu tertinggi pada waktu bahan pangan berada pada suhu terendah. Pada waktu pengeringan berlangsung, suhu bahan pangan dan plat pemanas mendekati, menuju suhu yang sama. Bagian paling panas pada bahan pangan, yakni pada permukaan luarnya, telah mencapai kadar air yang rendah. Karena itu, masalah kerusakan zat gizi menjadi kecil (Bluestein dan Labuza, 1989).

Pengeringan menggunakan *freeze dryer* terhadap kecambah kacang hijau dilakukan pada suhu -18°C selama 48 jam. Kemudian Setelah itu kecambah kering beku tersebut digiling menggunakan *Willey mill*. Rendemen tepung kecambah kacang hijau yang diperoleh sebesar 25.76% terhadap berat kecambah segar dan 59.55% terhadap berat biji kacang hijau kering. Kadar air tepung hasil pengeringan menggunakan *freeze dryer* adalah 9.19%.

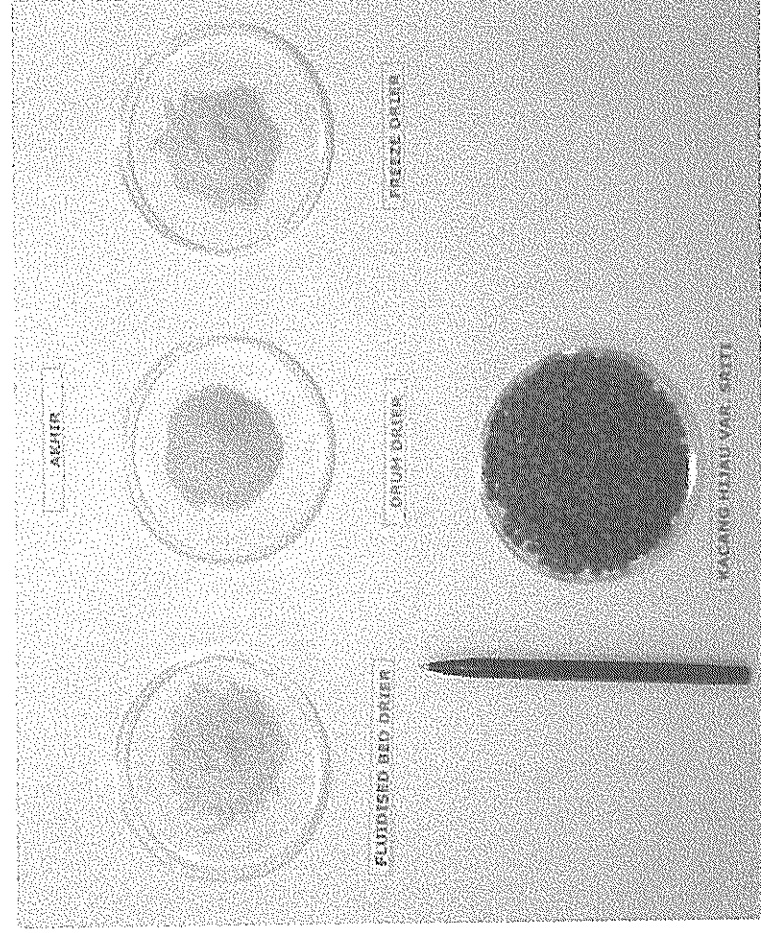


Pengeringan dengan *drum dryer* dilakukan dengan menggunakan tekanan uap pada skala 2 yaitu antara 2.5 – 2.75 bar dengan suhu drum sekitar 78°C. Pengeringan dengan *drum dryer* merupakan pengeringan yang termurah (Greig, 1971), produk bersentuhan dengan drum panas dan akhirnya meninggalkan drum pada suhu tinggi. Keadaan ini akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar dibandingkan hasil pengeringan semprot atau pengeringan terowongan. Oleh karena itu pada pengeringan dengan *drum dryer* ini, untuk pengoptimalan hasil pengeringan, hal yang pertama dilakukan adalah pembekuan kecambah kacang hijau dan kemudian dilumatkan dengan *grinder* untuk selanjutnya dikeringkan. Rendemen tepung kecambah yang dihasilkan dengan pengering drum ini adalah 25.10% berdasarkan berat kecambah basah dan 66.37% berdasarkan berat biji kering. Kadar air tepung hasil pengeringan menggunakan tepung hasil pengeringan menggunakan *drum dryer* adalah 5.47%.

Pengeringan dengan *fluidized bed dryer* dilakukan dengan pengesetan suhu sebesar 60°C-65°C dengan waktu pengeringan selama tiga jam 20 menit. Setelah itu kecambah kering yang dihasilkan digiling dengan alat *Willey mill*. Rendemen tepung kecambah yang diperoleh dengan pengering ini adalah 74.10% berdasarkan berat kering dan 31.11% berdasarkan berat kecambah segarnya. Kadar air tepung kecambah yang dihasilkan dari pengeringan dengan *fluidized bed dryer* adalah sebesar 8.00 %. Hasil pengeringan kecambah kacang hijau dan penggilingan kecambah kering kacang hijau ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Foto biji kacang hijau, kecambah kering kacang hijau dan flakes kecambah kering kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering



Gambar 10. Foto biji kacang hijau dan tepung kacang hijau hasil penggilingan dengan *Willey mill* dan pengayakan dengan saringan 60 mesh

## C. SIFAT FISIK-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAAH KACANG HIJAU

### 1. Derajat Putih

Sifat Derajat putih sangat penting untuk dilakukan terhadap jenis tepung-tepungan karena derajat putih merupakan salah satu faktor yang menunjukkan nilai mutu dari tepung tersebut. Analisis yang telah dilakukan terhadap derajat putih tepung kecambah yang diperoleh dari proses pengeringan dengan *drum dryer*, *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* ditunjukkan pada Lampiran 7. Derajat putih pada proses pengeringan bahan pangan, erat hubungannya dengan suhu pengeringan, semakin tinggi suhu pengeringan maka derajat putih yang terjadi menjadi semakin rendah.

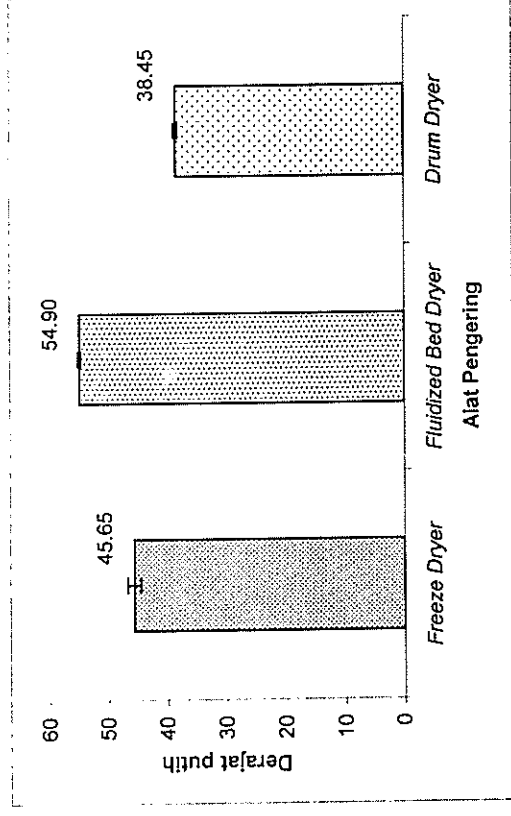
Berdasarkan Gambar 11, derajat putih dari tepung kecambah yang dihasilkan oleh berbagai jenis alat pengering ternyata bervariasi satu dan yang lainnya, pada gambar histogram tersebut terlihat bahwa derajat putih dari tepung kecambah, yang terendah adalah pada tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer*, rendahnya derajat putih dari tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* karena pengeringan dilakukan dengan suhu tinggi, yang memicu terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis.

Berdasarkan analisis ragam dan uji tukey (Tabel 4) pada taraf 5% terhadap derajat putih tepung kecambah kacang hijau, menunjukkan pengeringan yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap derajat putih tepung kecambah. Data hasil analisis ragam terhadap derajat putih tepung kecambah dapat dilihat pada Lampiran 22.

Tabel 4. Derajat putih tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Derajat Putih (%) <sup>a</sup>
<i>Freeze dryer</i>	45.65 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	54.90 <sup>b</sup>
<i>Drum dryer</i>	38.45 <sup>c</sup>

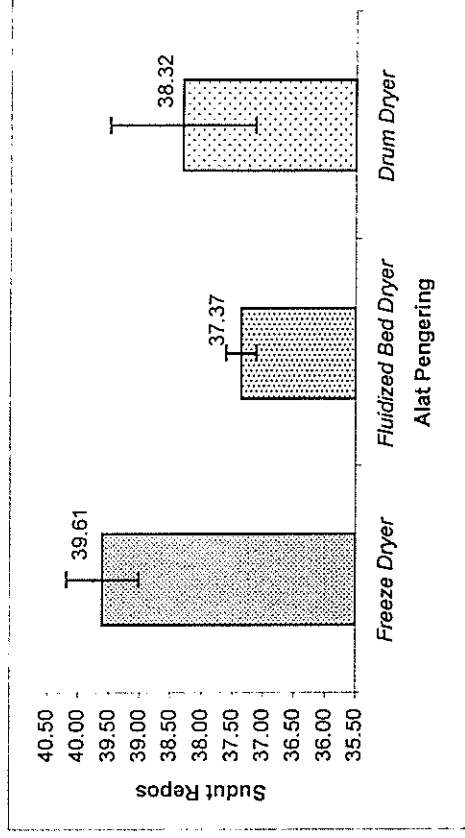
<sup>a</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey, p =0.05).



Gambar 11. Derajat putih pada tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

## 2. Sudut Repos

Pada Gambar 12 diperlihatkan grafik sudut repos pada masing-masing sampel dengan alat pengering yang mengeringkannya. Sudut repos merupakan salah satu kriteria kebebasan bergerak dari suatu partikel, dimana semakin bebas suatu partikel bergerak maka sudut repos yang akan terbentuk juga semakin kecil.



Gambar 12. Sudut repos dari tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

Dari hasil perhitungan sudut repos, semua sudut repos yang terbentuk adalah antara lebih dari 35 derajat sudut, Dari Gambar 12 terlihat bahwa sudut repos tertinggi adalah dari pengeringan dengan alat pengering *freeze dryer*, sudut repos ini dipengaruhi oleh himpunan tepung yang terjadi saat kita menjatuhkan tepung melalui corong, yang berkaitan dengan kecepatan jatuhnya tepung dan kohesivitasnya. Data hasil analisis sudut repos dapat dilihat pada Lampiran 6. Menurut Carr (1976), sudut repos erat kaitannya dengan kohesivitas tepung, partikel bahan yang mempunyai kohesivitas yang tinggi akan menyebabkan kebebasan bergerak suatu bahan tersebut akan rendah. Suatu bahan yang memiliki kebebasan gerak yang rendah akan menyebabkan sudut repos menjadi besar. Tepung hasil pengeringan *freeze dryer*, *drum dryer* dan *fluidized bed dryer* jika berdasarkan Tabel 2 termasuk kedalam kategori tepung yang memiliki kohesivitas sedang. Analisis ragam dan uji tukey yang dilakukan dengan  $\alpha = 5\%$  (Tabel 5) diperoleh bahwa pengeringan yang dilakukan tidak berpengaruh nyata terhadap sudut repos tepung kecambah ( $p = 0.135$ ). data analisis ragam selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 22.

Tabel 5. Sudut repos tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

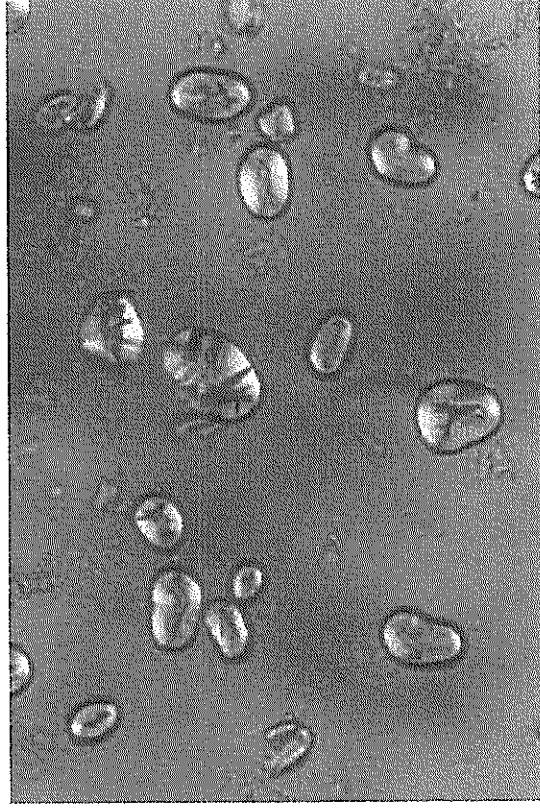
Alat Pengering	Sudut Repos (Derajat Sudut) <sup>y</sup>
<i>Freeze dryer</i>	39.61 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	37.37 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	38.32 <sup>a</sup>

<sup>y</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey, p = 0.05)

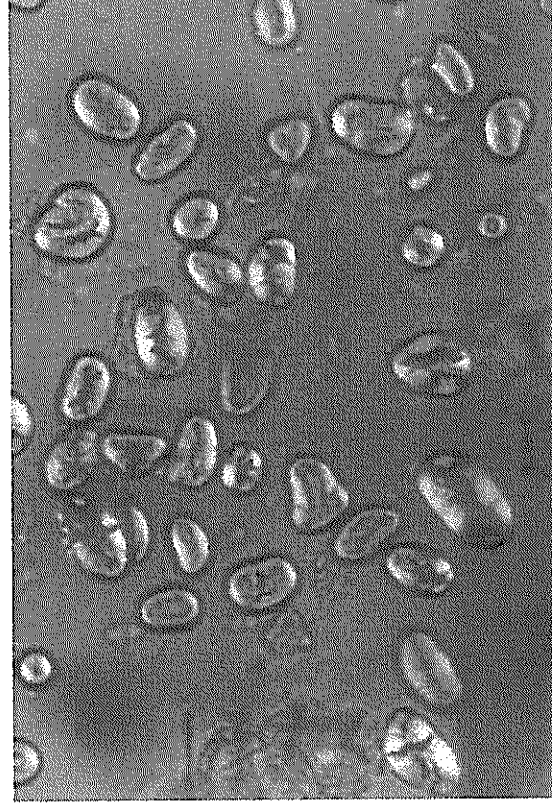
### 3. Struktur mikroskopis

Berdasarkan analisis struktur mikroskopis pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer*, *drum dryer* dan *fluidized bed dryer* dengan menggunakan *polarized microscope*, menunjukkan bahwa pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer*, *granula* patinya telah tergelatinisasi sedangkan granula pati pada kedua pengering lainnya yaitu pada *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* belum tergelatinisasi (Gambar 13, Gambar 14 dan Gambar 15). Tergelatinisasinya granula pati dari tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer*, diakibatkan karena pengeringan dengan *drum dryer* dilakukan pada suhu yang tinggi. Granula pati sangat resistan pada penetrasi baik oleh air dan enzim hidrolitik terhadap formasi ikatan hidrogen pada molekul yang sama dan dengan molekul tetangganya. Ikatan hidrogen ini dapat menjadi lemah, saat suhu dari suspensi dinaikkan. Ketika cairan suspensi dari pati dipanaskan, ikatan hidrogen menjadi lemah, air mulai terserap, dan granula pati pecah.

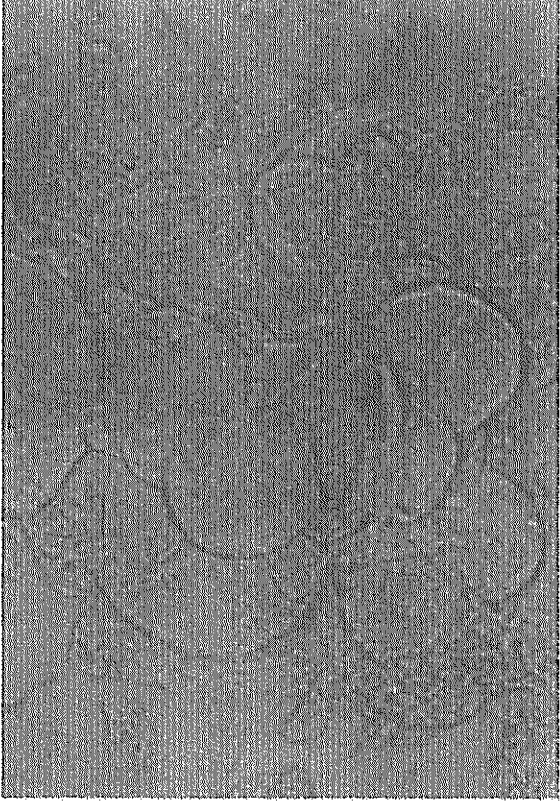




Gambar 13. Foto hasil pengamatan dengan *polarized microscop* terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* pada perbesaran 400 kali



Gambar 14. Foto hasil pengamatan dengan *polarized microscop* terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan *fluidized bed dryer* pada perbesaran 400 kali



Gambar 15. Foto hasil pengamatan dengan *polarized microscop* terhadap granula pati tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* pada perbesaran 200 kali

#### 4. Ukuran Partikel

Kecambah kacang hijau kering hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering yang telah digiling dengan *Willey mill* selanjutnya dilakukan pengayakan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan jumlah tepung yang besar. Pengayakan dilakukan dengan ukuran saringan 60, 80 dan 100 mesh. Dari hasil pengayakan tersebut yang memberikan tepung paling banyak adalah dengan pengayakan menggunakan saringan berukuran 60 mesh (Tabel 6).

Tabel 6. Rendemen kering kecambah (hasil pengayakan menggunakan saringan berukuran 60 mesh) yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Jenis Pengering	Berat tepung (g)	Berat tepung hasil pengayakan (g)	Rendemen (%)
<i>Freeze dryer</i>	595.5	444.33	74.62
<i>Fluidized bed dryer</i>	741	524	70.72
<i>Drum dryer</i>	663.7	593.5	89.42

## 5. Viskositas

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil analisis terhadap sampel pengeringan dengan menggunakan alat Rotovisco ditunjukkan pada Gambar 16. Pada gambar grafik tersebut viskositas tertinggi ada pada sampel dengan pengeringan menggunakan *freeze dryer*. Data selengkapnya untuk analisis viskositas dapat dilihat pada Lampiran 21. *Fluida* adalah substansi yang dapat mengalir tanpa ada disintegrasi ketika tekanan diberikan. Definisi *fluida* disini termasuk gas, cairan dan padatan. Sejumlah pangan adalah suatu *fluida* (Toledo, 1991). Viskositas adalah sifat internal dari *fluida* yang menunjukkan perlawanan terhadap aliran. Viskositas sangat bergantung pada temperatur tempat viskositas terjadi, dimana semakin tinggi suhu maka viskositas yang terjadi akan semakin rendah (Tabel 7), viskositas juga dipengaruhi oleh konsentrasi larutan.

Tabel 7. Viskositas air (cP)<sup>a</sup>

Suhu (°C)	Viskositas (cP)
15	1.14
20	0.99
25	0.88

<sup>a</sup>[www.afms.ualberta.ca/Hosted/foodeng/visco.asp](http://www.afms.ualberta.ca/Hosted/foodeng/visco.asp)

Viskositas dapat didefinisikan sebagai ratio antara *shear stress* dan *shear rate*. *Shear stress* adalah gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan aliran pada area *fluida*. *Shear rate* adalah kecepatan mengalirnya.

Unit yang digunakan untuk menghitung viskositas adalah *Newtons second* per meter kuadrat atau *Pascal second*. Namun unit yang biasa digunakan adalah Poise. Dimana satu centipoise adalah sama dengan satu milipascal-second (1 cP = 10<sup>-3</sup> Pa.s).

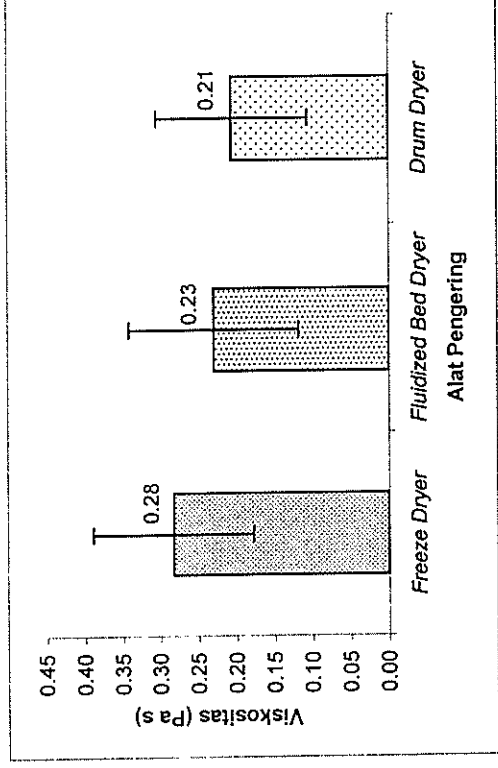
Rumus untuk menentukan viskositas dari *fluida* yaitu :

$$\text{Viskositas} = \tau/D$$

Keterangan:  $\tau$ = shear stress (Pa)

D= laju dari shear (1/s)

Berdasarkan analisis ragam dan uji tukey dengan taraf 5% menunjukkan pengeringan tidak berpengaruh nyata terhadap viskositas sampel ( $p = 0.259$ ). Data selengkapnya untuk analisis ragam terhadap viskositas dapat dilihat pada Lampiran 22.



Gambar 16. Viskositas (Pa s) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan

## 6. Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan perbandingan antara berat bahan dan volume ruang yang ditempati dan dinyatakan dengan satuan g/ml. Nilai densitas kamba menunjukkan porositas dari bahan, yaitu jumlah rongga udara yang terdapat diantara partikel-partikel bahan.

Pada Gambar 17 diperlihatkan grafik batang dari densitas kamba dari masing-masing tepung kecambah hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering. Pada grafik batang tersebut tampak bahwa densitas kamba yang terbesar adalah pada sampel yang dikeringkan dengan alat pengering *freeze dryer* yaitu sebesar 0.56 g/ml. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Dari analisis ragam yang telah dilakukan dengan  $\alpha = 5\%$  diperoleh bahwa pengeringan berpengaruh nyata pada densitas kamba dengan  $p = 0.010$ . Berdasarkan uji tukey (Tabel 8) terhadap densitas kamba tepung kecambah, densitas kamba tepung kecambah hasil pengeringan dengan

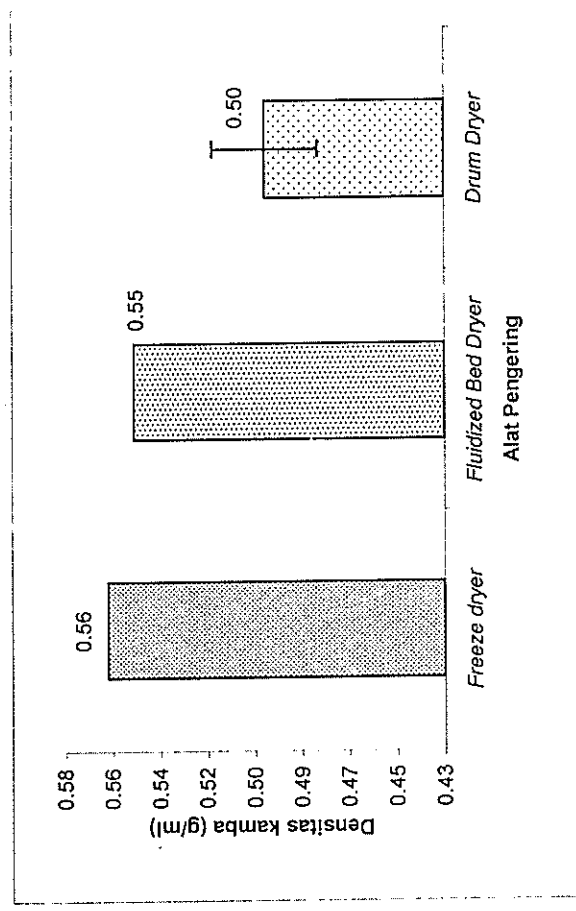
*fluidized bed dryer* dan *freeze dryer* berada pada grup yang sama, berarti tepung hasil pengeringan dengan kedua pengering tersebut tidak berbeda nyata terhadap sifat densitas kamba.

Tabel 8. Densitas kamba tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Densitas Kamba (g/ml) <sup>a)</sup>
<i>Freeze dryer</i>	0.56 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	0.55 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	0.50 <sup>b</sup>

<sup>a)</sup> Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey,  $p = 0.05$ )

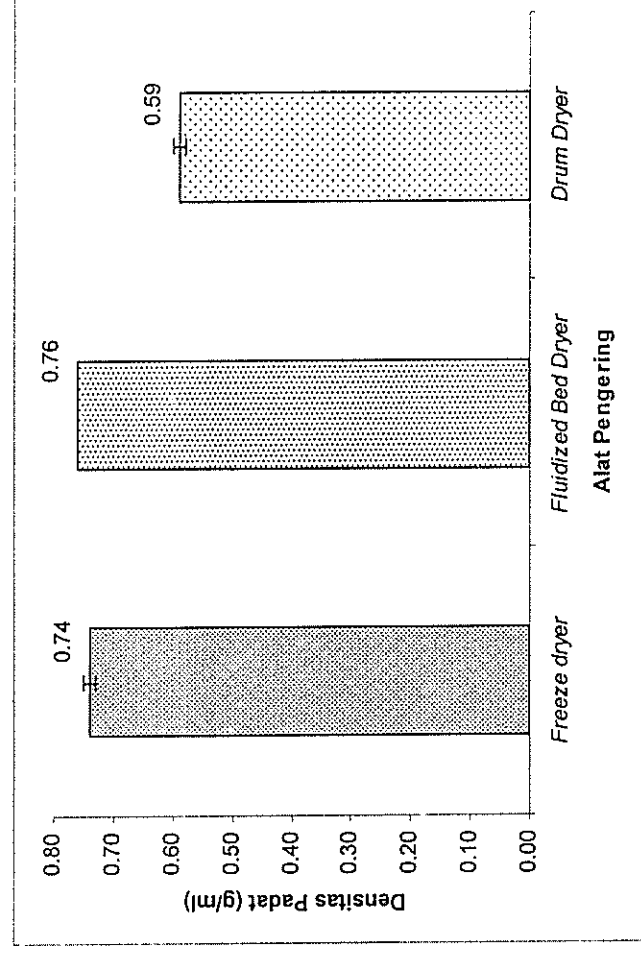
Densitas kamba yang tinggi menunjukkan bahwa produk lebih ringkas, dalam volume tertentu (volume sama) maka produk yang tersedia lebih banyak (dalam berat).



Gambar 17. Densitas kamba tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

## 7. Densitas Padat (*Compacted Bulk Density*)

Densitas padat adalah perbandingan antara berat bahan terhadap volume yang ditempati setelah melalui proses pemadatan seperti penggoyangan (Khalil, 1999). Dengan mengetahui nilai densitas padat akan bermanfaat pada saat pengisian bahan ke dalam wadah yang diam tetapi bergetar. Hasil analisis densitas padat terhadap tepung kecambah kacang hijau ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Densitas padat tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

Pada grafik batang tersebut tampak bahwa densitas padat yang tertinggi adalah pada sampel yang dikeringkan dengan alat pengering *fluidized bed dryer* yaitu sebesar 0.76 g/ml. Data hasil perhitungan analisis densitas padat tepung kecambah dapat dilihat pada Lampiran 9. Densitas sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dan bentuk partikel. Dari analisis ragam yang telah dilakukan dengan  $\alpha = 5\%$  ternyata densitas padat ini dipengaruhi oleh setiap alat pengering ( $p = 0.001$ ). Berdasarkan uji tukey pada taraf 5% (Tabel 9), densitas padat dari tepung kecambah hasil pengeringan dengan *fluidized bed dryer* dan *freeze dryer* diikuti oleh huruf yang sama, yang

berarti densitas padat tepung kecambah hasil pengeringan dengan menggunakan pengering *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* berdasarkan statistik tidak berbeda satu sama lain.

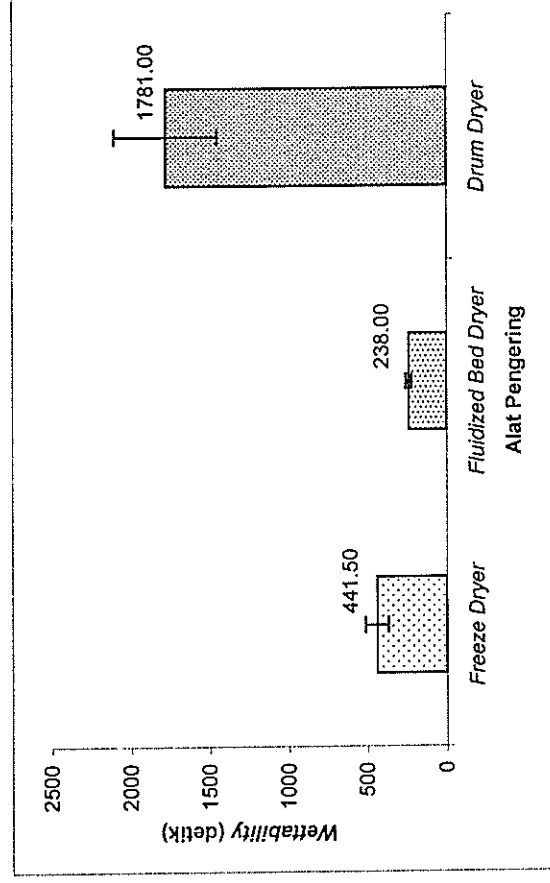
Tabel 9. Densitas padat tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Densitas padat (g/ml) <sup>1)</sup>
<i>Freeze dryer</i>	0.74 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	0.76 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	0.59 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey, p = 0.05)

## 8. Wettability

*Wettability* merupakan kemampuan suatu partikel tepung untuk menyerap air pada permukaannya yaitu merupakan proses awal dari proses rekonstitusi. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti tampak pada Gambar 19.



Gambar 19. *Wettability* tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

Pada grafik batang tersebut terlihat bahwa sampel dari *drum dryer* lebih lama terbasahnya daripada sampel dengan alat pengering lainnya. Data selengkapnya untuk perhitungan sifat *wettability* tepung kecambah dapat dilihat pada Lampiran 10. *Wettability* ini dipengaruhi antara lain oleh ukuran partikel, jika ukuran partikel tepung kurang dari 100 mikron dan berstruktur kompak serta ruang interpartikulatnya kecil akan lebih sulit untuk terbasahi, tepung yang dianalisis pada penelitian ini memiliki ukuran partikel yang sama yaitu lebih dari 100 mikron. Sulit terbasahnya tepung hasil pengeringan dengan *drum dryer* bisa disebabkan oleh densitas tepung. Pada Gambar 17 dan Gambar 18, densitas tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* lebih rendah dari pada tepung hasil pengeringan lainnya. Semakin kamba tepung maka berat tepung akan semakin ringan. Dari analisis ragam (Lampiran 22) yang dilakukan ternyata pengeringan yang dilakukan berpengaruh nyata terhadap *wettability* tepung kecambah, sedangkan berdasarkan uji tukey (Tabel 10), tepung kecambah hasil pengeringan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* ternyata tidak berbeda nyata sifat *wettability*-nya.

Tabel 10. *Wettability* tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	<i>Wettability</i> (detik*)
<i>Freeze dryer</i>	238 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	441.50 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	1781 <sup>b</sup>

\*Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey,  $p = 0.05$ )

## 9. *Dispersibility*

Adalah kemampuan untuk didistribusikannya tepung seluruhnya ke dalam air. Pada Gambar 20. ditunjukkan persentase *dispersibility* dari setiap tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering. data analisis dapat dilihat pada Lampiran 12. Semakin besar



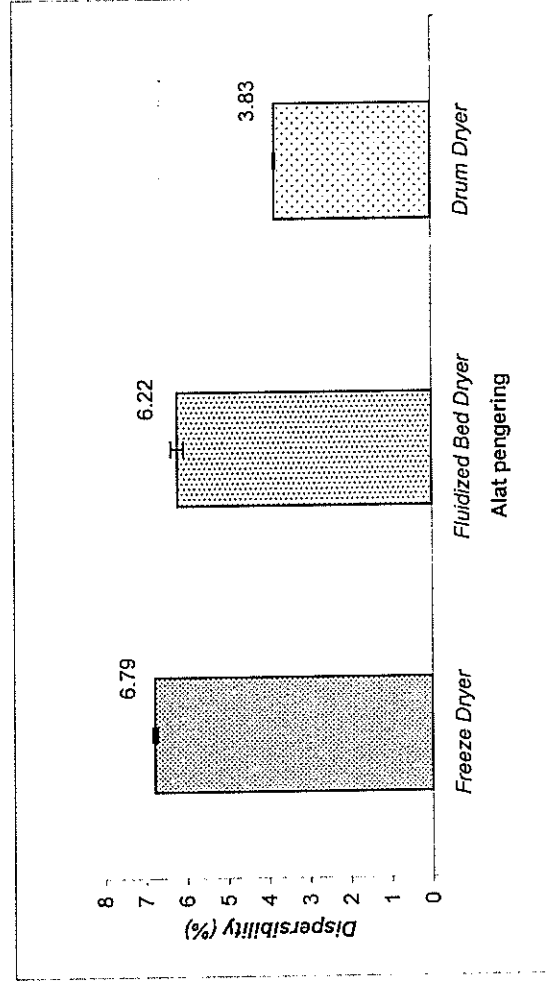
*dispersibility* berarti semakin mudah tepung tersebut larut dalam air. Pada tepung hasil pengeringan dengan *drum dryer* terlihat bahwa persentase *dispersibility*-nya paling kecil, berarti tepung tersebut sangat sulit terdistribusi dalam air, keadaan ini didukung oleh sulit terbasahinya tepung hasil pengeringan dengan *drum dryer*.

Dari analisis ragam dan uji tukey (Tabel 11) yang dilakukan pada taraf 5% ternyata pengeringan berpengaruh nyata terhadap sifat *dispersibility* tepung kecambah kacang hijau. Hasil lengkap untuk analisis ragam sifat *dispersibility* dapat dilihat pada Lampiran 22.

Tabel 11. *Dispersibility* tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	<i>Dispersibility</i> (%) <sup>1)</sup>
<i>Freeze dryer</i>	6.79 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	6.22 <sup>b</sup>
<i>Drum dryer</i>	3.83 <sup>c</sup>

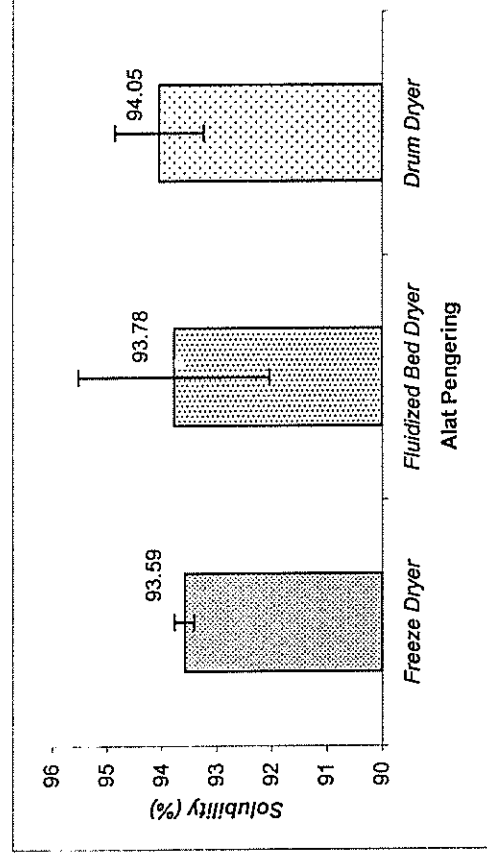
<sup>1)</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey,  $p = 0.05$ )



Gambar 20. *Dispersibility* tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

## 10. *Solubility* (Kelarutan)

*Solubility* adalah pengukuran mengenai berapa banyak zat terlarut yang akan larut pada zat pelarut. Tidak semua substansi akan larut pada semua zat pelarut. Pada analisis yang telah dilakukan diperoleh nilai seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. *Solubility* tepung kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengeringan

Pada grafik tersebut *solubility* yang terbesar adalah pada sampel *drum dryer*, *solubility* ini antara lain dipengaruhi oleh kepolaran, ukuran molekul kemudian juga dipengaruhi oleh suhu. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 11. Menurut analisis ragam dengan taraf 5% (Lampiran 22) diperoleh  $p = 0.922$  yang berarti pengeringan tidak berpengaruh nyata terhadap *solubility* sampel. Selain itu berdasarkan uji tukey (Tabel 12) diperoleh bahwa pengeringan juga tidak berpengaruh nyata.

Tabel 12. *Solubility* tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	<i>Solubility</i> (%) <sup>a)</sup>
<i>Freeze dryer</i>	93.58 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	93.78 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	94.04 <sup>a</sup>

<sup>a)</sup> Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey, p = 0.05)

## D. SIFAT KIMIA-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KACANG HIJAU

### 1. Kadar Air

Air tersebar dalam bahan pangan kering atau pekat, dalam berbagai bentuk. Air dijumpai sebagai cairan yang mengandung zat terlarut pada saat bahan pangan basah dan berasosiasi dengan komponen lain. Pada pengukuran kadar air yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa tepung kecambah yang dikeringkan dengan *drum dryer* memiliki kadar air paling rendah yaitu 5.47% sedangkan kadar air pada tepung kecambah hasil pengeringan *fluidized bed dryer* sebesar 8.00% dan *freeze dryer* sebesar 9.19%. Data dapat dilihat pada Lampiran 13.

Kandungan kadar air yang terjadi pada tepung hasil pengeringan dengan *drum dryer* lebih kecil dari kandungan kadar air tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* (Tabel 13), hal ini disebabkan karena pengeringan dengan *drum dryer* dilakukan pada suhu yang tinggi. Sedangkan pada pengeringan yang lain yaitu *fluidized bed dryer* dilakukan pada suhu 60°C dan *freeze dryer* pada suhu -18°C.

Kadar air selain dipengaruhi oleh suhu pengeringan juga dipengaruhi oleh waktu pengeringan, semakin lama waktu pengeringan semakin rendah kadar air yang diperoleh.

Tabel 13. Kadar air tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Kadar Air
<i>Freeze dryer</i>	9.19%
<i>Fluidized bed dryer</i>	8.00%
<i>Drum dryer</i>	5.47%

## 2. Kandungan Senyawa Antioksidan dan Aktifitas Antioksidan Pada Tepung Kecambah Kacang Hijau

Senyawa antioksidan yang diamati pada penelitian ini terdiri dari senyawa fenolik, vitamin E dan karoten. Ketiga senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan.

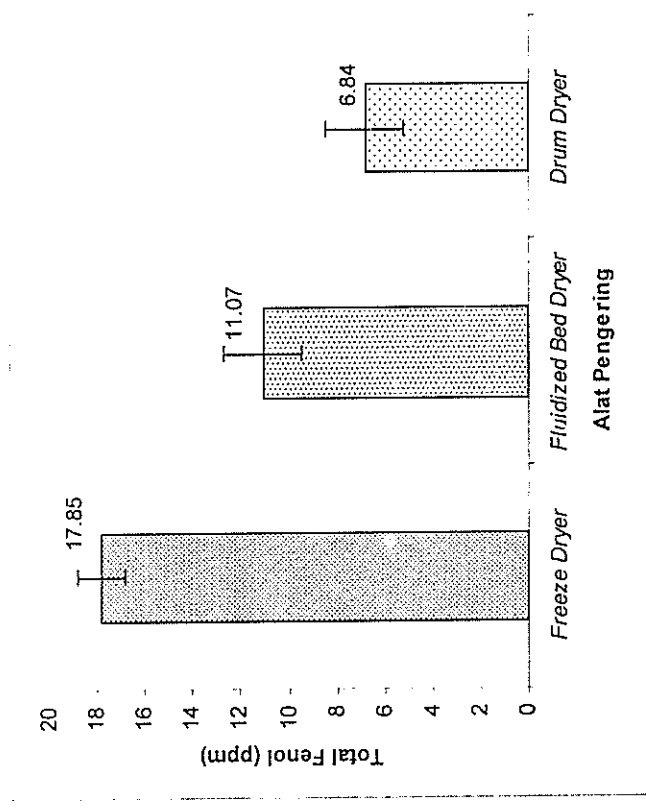
Pada analisis yang telah dilakukan pada sampel yang dikeringkan dengan alat *freeze dryer*, *drum dryer* dan *fluidized bed dryer* diperoleh grafik seperti pada Gambar 22. Terlihat pada grafik tersebut kandungan total fenol tertinggi adalah pada sampel yang dikeringkan dengan *freeze dryer* sebesar 17.85 mg/kg berat kering, yang berarti pengeringan dengan *freeze dryer* tidak menyebabkan kerusakan yang besar terhadap kandungan senyawa fenoliknya.

Kehadiran senyawa fenolik pada makanan memiliki efek penting pada stabilitas oksidatif dan keamanan produk dari mikroba. Sebagai tambahan, banyak senyawa fenol pada makanan penting pada aktivitas biologi berkaitan dengan efek penghambatannya pada metagenesis dan karsinogenesis.

Senyawa fenolik pada tumbuhan umumnya dari metabolit sekunder pada tumbuhan (Van Sumere, 1989). Komponen fenol sangat berguna untuk pertumbuhan dan reproduksi dari tumbuhan dan juga berfungsi sebagai *antifeedant* dan antipatogen (Butler, 1992). Kontribusinya terhadap pigmentasi dari tumbuhan juga berpengaruh. Tumbuhan yang terluka akan memproduksi senyawa fenolik untuk mempertahankan dirinya dari serangan patogen.

Kandungan senyawa fenolik dari tepung kecambah kacang hijau ternyata berbeda nyata dari setiap jenis pengering yang mengeringkannya, hal ini ditunjukkan berdasarkan dari analisis ragam dengan taraf 5% (Lampiran

22) yang dilakukan dimana ternyata penguapan berpengaruh nyata terhadap kandungan total fenol.



Gambar 22. Total fenol (ppm) berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat penguapan

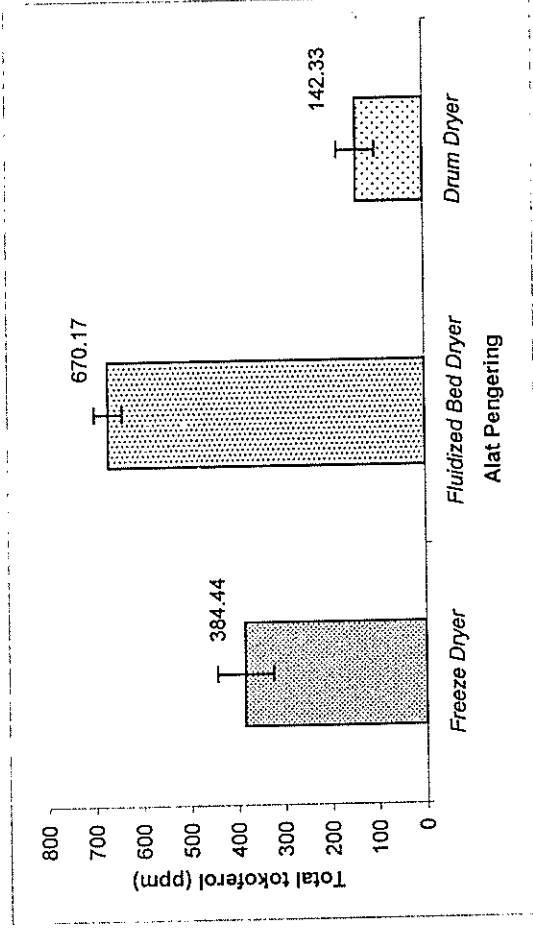
Vitamin adalah senyawa organik kompleks yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah kecil dan berperan penting untuk menjamin berlangsungnya proses metabolisme dalam tubuh sehingga dapat mempertahankan kesehatan tubuh (Linder, 1985).

Analisis yang telah dilakukan terhadap kandungan total tokoferol menunjukkan penguapan kecambah kacang hijau yang dilakukan dengan menggunakan *fluidized bed dryer* memiliki kandungan total tokoferol tertinggi, dibandingkan dengan penguapan *freeze dryer* dan *drum dryer* (Lampiran 15).  $\alpha$ -tokoferol tahan terhadap suhu tinggi dan kondisi asam, tetapi karena berfungsi sebagai antioksidan,  $\alpha$ -tokoferol mudah teroksidasi oleh sinar ultraviolet, timah dan garam besi (Winarno, 1997).

Pada penguapan dengan *drum dryer*, penguapan yang terjadi adalah penguapan yang bersuhu tinggi dan penguapan ini juga berlangsung secara terbuka sehingga kontak dengan sinar matahari secara langsung, yang

mengakibatkan kadar tokoferol menjadi rendah. sedangkan pada pengeringan dengan menggunakan *freeze dryer* seharusnya kandungan dari total tokoferolnya lebih tinggi dari pengeringan yang lain (Gambar 23), kandungan tokoferol yang rendah mungkin terjadi akibat kontaminasi bahan dari alat pengering akibat pembersihan yang kurang baik, yang dapat menyebabkan tokoferol teroksidasi.

Berdasarkan analisis ragam dan uji tukey pada taraf 5% (Lampiran 22), pengeringan terhadap kecambah kacang hijau ternyata berpengaruh nyata pada kandungan total tokoferol.



Gambar 23. Total tokoferol (ppm) berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengeringan

Karoten merupakan salah satu antioksidan alami yang banyak terdapat pada biji-bijian dan bahan pangan nabati lainnya, karena biji-bijian umumnya mengandung pigmen.

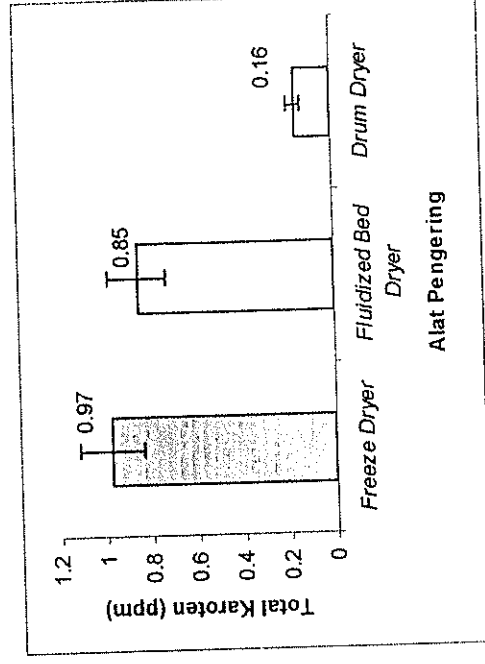
Analisis yang dilakukan untuk menentukan total karoten adalah menggunakan metode spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm. Hasil yang diperoleh menunjukkan total karoten terbesar adalah pada sampel dengan alat pengering *freeze dryer* yang ditunjukkan pada Gambar 24. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 16. Tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* mengandung total karoten yang lebih sedikit dari hasil pengeringan yang lain, hal ini disebabkan karena karoten sangat mudah rusak

akibat perlakuan suhu tinggi. Berdasarkan analisis ragam pada taraf 5% (Lampiran 22), pengeringan sampel ternyata berpengaruh nyata terhadap kandungan total karotennya, sedangkan menurut uji tukey (Tabel 14) yang dilakukan, ternyata Total karoten tepung kacang hasil pengeringan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* diikuti oleh huruf yang sama yang berarti pengeringan dengan kedua pengering tersebut tidak berbeda nyata.

Tabel 14. Total karoten tepung kacang yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Total Karoten (ppm) <sup>a</sup>
<i>Freeze dryer</i>	0.97 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	0.85 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	0.16 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey, p = 0.05)



Gambar 24. Total karoten (ppm) berdasarkan berat kering tepung kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering

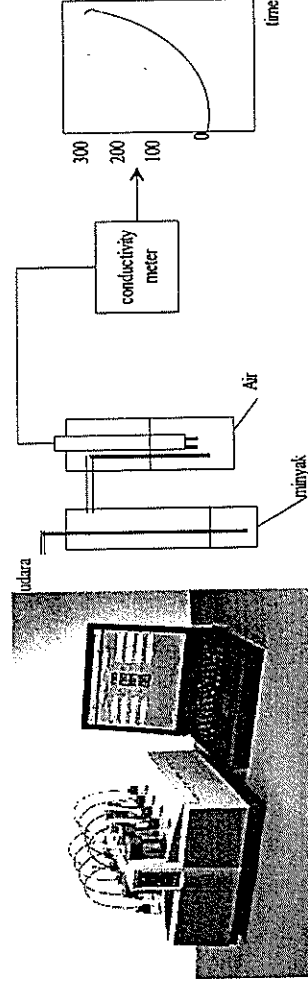
Banyak faktor yang dapat memperlambat laju oksidasi dari lemak dan minyak pada makanan dan banyak juga problem oksidasi pangan dapat diselesaikan, atau paling tidak mempertahankannya dengan kontrol.

Salah satu diantaranya adalah dengan antioksidan, antioksidan ini ada dua macam yaitu sintetis dan alami, antioksidan sintetis merupakan antioksidan yang dibuat secara sintesis kimia dan memiliki kemampuan untuk menjaga oksidasi lipid pada pangan, namun banyak penelitian yang telah

dilakukan mengatakan bahwa antioksidan sintetis ini memberikan dampak negatif, dengan keadaan ini maka antioksidan alami kini banyak digunakan karena ternyata dalam antioksidan alami ini terkandung sifat kualitas yang mengungguli antioksidan sintetis.

Antioksidan alami ini banyak ditemukan di minyak tumbuhan, umumnya sebagai tokoferol dan tokotrienol. Asam askorbat, asam isoaskorbat dan ester turunannya seperti askorbil palmitat, banyak digunakan pada bahan pangan sebagai antioksidan.

Antioksidan yang ada pada bahan pangan dapat diukur aktivitasnya, diantaranya dengan metode aktif oksigen yang dimodifikasi, yaitu metode ransimat (Gambar 25).

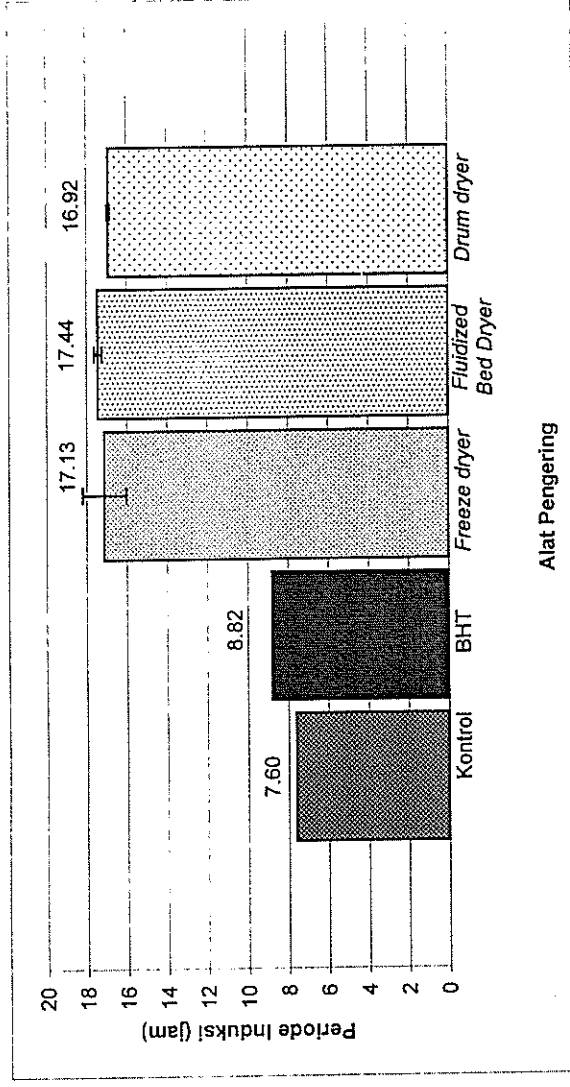


Gambar 25. Alat ransimat dan skema alat ransimat

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan alat ransimat ini berdasarkan pada prinsip *water in oil (w/o)* dan pengukuran ini didasarkan pada ketengikan, dimana medium yang digunakan yaitu minyak kedelai murni dioksidasi dengan pemanasan, aliran udara setelah melewati contoh minyak kemudian dialirkan lagi kedalam air yang sudah dideionisasi. Uap asam organik yang terbawa oleh udara panas akan diserap oleh air dan merubah konduktivitas air tersebut. Selama proses, oksidasi di dalam contoh berjalan. (Nurdiansyah, 2001).

Pengukuran aktivitas antioksidan terhadap sampel kecambah yang dikeringkan dengan berbagai alat pengering yang telah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 26.





Gambar 26. Hasil uji aktivitas antioksidan metode ransimat terhadap tepung kacang hijau hasil pengeringan

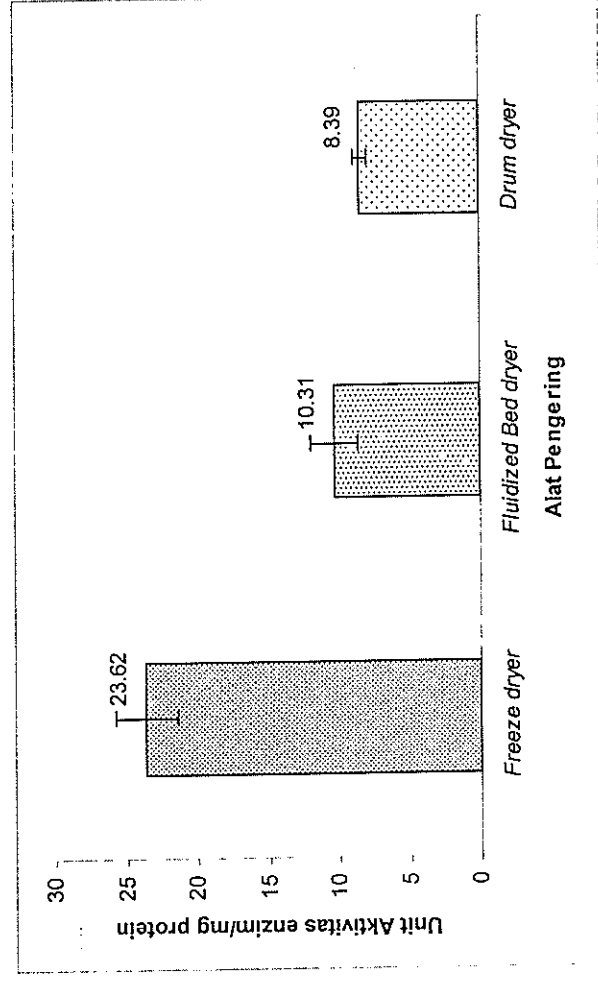
Hasil pengukuran tersebut menunjukkan nilai periode induksi tertinggi ada pada sampel yang dikeringkan dengan pengering *fluidized bed dryer* kemudian oleh *freeze dryer* dan *drum dryer*. Dengan melihat waktu induksi (waktu oksidasi dimana diperoleh kenaikan kurva secara tiba-tiba) yang dihasilkan tersebut maka yang memiliki aktivitas tertinggi adalah sampel yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer*. Data dapat dilihat pada Lampiran 17. Semakin lama nilai periode induksi pada pengukuran, maka semakin lama produk tersebut menghambat laju oksidasi, sehingga nilai aktivitasnya semakin tinggi. Hal ini didukung dengan analisis ragam dengan taraf 5% yang menunjukkan bahwa pengeringan berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan sampel ( $p=0.026$ ).

### 3. Kandungan Gula Pereduksi dan Aktivitas $\alpha$ Amilase Pada Tepung Kecambah Kacang Hijau

Molekul pati adalah molekul yang terdiri dari glukosa yang diikat dengan ikatan glukosidik  $\alpha$ -1,4 dan  $\alpha$ -1,6, untuk tujuan penggunaan karbon dan energi yang disimpan pada pati, maka manusia mencernanya dengan

bantuan enzim amilase, pertama polimer dipecah menjadi gula yang lebih kecil, yang kemudian dikonversi menjadi unit-unit glukosa.

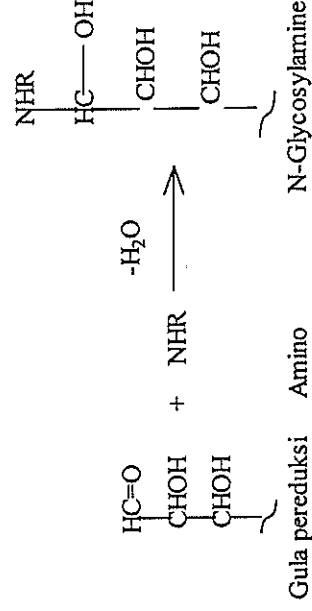
Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dianalisis karena aktivitas enzim ini berhubungan pula dengan metabolisme yang terjadi pada perkecambahan. Hasil yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan dapat dilihat pada Lampiran 18 dan Lampiran 19. Dengan adanya aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase yang tinggi berarti akan mempermudah pencernaan pati untuk diuraikan menjadi gula-gula penyusunnya yang lebih kecil. Pada Gambar 27, aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase yang tertinggi adalah pada sampel dengan alat pengering *freeze dryer*. Tingginya aktivitas enzim pada sampel pengeringan dengan *freeze dryer* diakibatkan karena pengeringan dilakukan pada suhu rendah yaitu  $-18^{\circ}\text{C}$  sehingga enzim menjadi tidak aktif selama pengeringan berlangsung. Pada pengeringan yang lain, yaitu pada pengeringan dengan *fluidized bed dryer* dan *drum dryer*, pengeringan dilakukan pada suhu tinggi sehingga pada suhu tersebut enzim telah beraktivitas dan menjadikan aktivitas enzim pada tepung kecambah menjadi rendah. Berdasarkan analisis ragam diperoleh bahwa aktivitas  $\alpha$ -amilase berbeda nyata dengan  $p=0.005$  pada taraf 5%. Data hasil analisis ragam dapat dilihat pada Lampiran 22.



Gambar 27. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase per miligram protein tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengeringan

Salah satu karakter dari monosakarida adalah dapat menjadi agen pereduksi. Hal ini karena adanya grup aldehid yang dapat dioksidasi menjadi grup asam karboksilat.

Gula pereduksi ini dapat berinteraksi dengan asam amino sehingga terbentuk reaksi (Gambar 28), reaksi itu dinamakan dengan reaksi maillard. Reaksi maillard ini adalah tipe pencoklatan non enzimatik yang melibatkan reaksi gula sederhana (karbonil grup) dan asam amino (grup amino bebas).



Gambar 28. Reaksi grup karboksilat dari gula pereduksi dengan grup asam amino

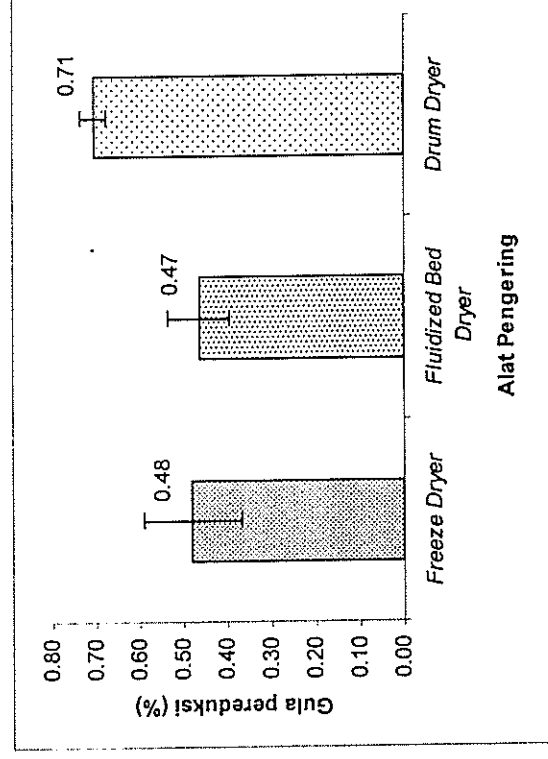
Kadar gula pereduksi pada sampel pengeringan ditunjukkan pada Gambar 29. pada gambar grafik tersebut, gula pereduksi yang tertinggi ada pada sampel yang dikeringkan dengan *drum dryer*. Besarnya kadar gula pereduksi pada tepung kecambah hasil pengeringan dengan *drum dryer* ini disebabkan karena pengeringan ini menggunakan suhu pengeringan yang tinggi, yang mengakibatkan selama pengeringan tersebut terjadi aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase sehingga pati tercerna menjadi gula-gula sederhana. Data dapat dilihat pada Lampiran 20.

Berdasarkan analisis ragam yang dilakukan (Lampiran 22), ternyata pengeringan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula pereduksi sampel ( $p = 0.129$ ). Dan berdasarkan pada uji tukey yang dilakukan ternyata kadar gula pereduksi yang dikeringkan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer* tidak berbeda nyata.

Tabel 15. Kadar gula pereduksi tepung kecambah yang diperoleh dengan berbagai alat pengeringan

Alat Pengering	Kadar Gula Pereduksi (%) <sup>a</sup>
<i>Freeze dryer</i>	0.48 <sup>a</sup>
<i>Fluidized bed dryer</i>	0.47 <sup>a</sup>
<i>Drum dryer</i>	0.71 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Angka dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata satu sama lain (uji tukey,  $p = 0.05$ )



Gambar 29. Kadar gula pereduksi tepung kecambah kacang hijau yang dikeringkan dengan berbagai alat pengeringan

Dari hasil analisis tepung kecambah kacang hijau, terlihat bahwa aktivitas antioksidannya tinggi dan aktivitas antioksidan yang tinggi ini menyebabkan tingginya kandungan senyawa fenolik, total tokoferol, dan total karotenya, selain itu aktivitas  $\alpha$ -amilasenya juga tinggi. Dengan kandungan senyawa antioksidan yang tinggi ini maka tepung kecambah dapat digunakan sebagai ingredien pangan untuk membuat suatu pangan fungsional, karena pangan fungsional selain harus memiliki karakteristik sensori, baik warna, tekstur dan citarasanya, serta mengandung zat gizi yang baik juga harus memiliki fungsi fisiologis bagi tubuh. Fungsi-fungsi fisiologis yang diberikan oleh pangan fungsional antara lain mengatur daya tahan tubuh, mengatur ritmik kondisi fisik, mencegah penuaan, dan mencegah penyakit yang berkaitan dengan makanan (Fardiaz dan Samporno, 2001).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Kecambah kacang hijau merupakan bahan pangan yang mudah rusak, karena memiliki kadar air yang tinggi. Salah satu cara untuk memperbesar daya guna kecambah adalah dengan optimasi proses pengeringan sehingga menghasilkan tepung kacang hijau yang bernilai gizi tinggi.

Penelitian dilakukan dengan pertama kali menentukan waktu germinasi yang optimum yaitu waktu germinasi yang memberikan kandungan senyawa fenolik dan tokoferol paling maksimal, kemudian dilanjutkan dengan menganalisis sifat fisik, dan sifat kimia-fungsional tepung kacangambah hasil pengeringan.

Waktu germinasi yang optimum ditentukan dengan menganalisis kandungan senyawa fenolik dan total tokoferol tepung kacangambah kacang hijau umur germinasi 0-48 jam. Dari hasil penelitian terhadap tepung kacangambah kacang hijau berumur germinasi 0-48 jam, diperoleh kandungan senyawa fenolik berdasarkan berat kering pada umur 0 jam adalah 9.15 ppm, germinasi selama 12 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 9.21 ppm, germinasi selama 24 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 12.23 ppm, kemudian umur germinasi 36 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 11.32 ppm, sedangkan untuk umur germinasi 48 jam kandungan senyawa fenoliknya sebesar 12.33 ppm. Sedangkan pada analisis kandungan total tokoferol, pada kacangambah berumur germinasi 0 jam memiliki kandungan total tokoferol sebesar 782.68 ppm, umur 12 jam sebesar 416.08 ppm, umur 24 jam sebesar 570.25 ppm, umur germinasi 36 jam sebesar 936.43 ppm dan umur germinasi 48 jam sebesar 1367.40 ppm.

Kecambah yang telah diketahui waktu germinasi optimumnya kemudian dikeringkan dengan berbagai alat pengering yaitu *freeze dryer* sebagai kontrol dengan pengeringan pada suhu  $-18^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam, *drum dryer* dengan suhu pengeringan  $78^{\circ}\text{C}$ , tekanan 2.5-2.75 bar dan *fluidized bed dryer* dengan suhu pengeringan  $60-65^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam 10 menit. Selanjutnya tepung yang dihasilkan dianalisis sifat fisik dan sifat kimia-fungsionalnya.

Dari hasil penelitian terhadap sifat fisik tepung kecambah, menunjukkan, sudut repos dari tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* adalah sebesar 39.605°, hasil pengeringan *fluidized bed dryer* sebesar 37.36° lalu dengan *Drum dryer* memiliki sudut repos sebesar 38.32°. Pada analisis derajat putih, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki derajat putih sebesar 45.65 %, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 54.90%, dengan *drum dryer* memiliki derajat putih sebesar 38.45%. Pada analisis densitas kamba, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki densitas kamba sebesar 0.56 g/ml, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.55 g/ml, dan dengan *drum dryer* sebesar 0.50 g/ml. Pada analisis densitas padat, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki densitas padat sebesar 0.74 g/ml, yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.76 g/ml. dan tepung kecambah yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 0.59 g/ml. Pada analisis sifat *wettability*, tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer*, sifat *wettability*nya sangat cepat yaitu dengan 238 detik, lalu pada tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* selama 441.50 detik, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* selama 1781 detik. Pada analisis sifat *dispersibility*, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki persentase *dispersibility* sebesar 6.79%, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 6.22% dan tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 3.83%. Pada analisis *solubility* tepung kecambah, tepung kecambah yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki sifat *solubility* sebesar 93.58%. dengan *fluidized bed dryer* sebesar 93.78% dan yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 94.04%. Pada analisis struktur mikroskopis, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* dan *fluidized bed dryer*, granula patinya belum pecah atau belum tergelatinisasi, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer*, granula patinya telah tergelatinisasi. Pada analisis viskositas, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki viskositas sebesar 0.28 Pa s, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.23 Pa s, dan dengan *drum dryer* sebesar 0.21 Pa s.

Pada analisis senyawa fenolik pada tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* senyawa fenoliknya sebesar 17.84 ppm, yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* sebesar 11.06 ppm, dengan *drum dryer* sebesar 6.84 ppm. Pada analisis kandungan total tokoferol, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki

kandungan total tokoferol sebesar 384.44 ppm, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 670.18 ppm, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* memiliki kandungan total tokoferol sebesar 142.33 ppm. Pada analisis total karoten, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki kandungan total karoten sebesar 0.97 ppm, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.85 ppm, dengan *drum dryer* sebesar 0.16 ppm. Analisis aktivitas antioksidan memberikan hasil bahwa tepung kecambah yang dikeringkan dengan *freeze dryer* memiliki aktivitas antioksidan dalam satuan periode induksi sebesar 17.13, lalu pada tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* memiliki aktivitas antioksidan sebesar 17.44, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* memiliki aktivitas antioksidan sebesar 16.92.

Pada analisis kandungan gula pereduksi, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* sebesar 0.48 %, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 0.46 % dan dengan *drum dryer* sebesar 0.71 %. Pada analisis aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase, tepung yang dikeringkan dengan *freeze dryer* sebesar 23.62 unit aktivitas enzim/mg protein, dengan *fluidized bed dryer* sebesar 10.31 unit aktivitas enzim/mg protein, sedangkan pada tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* sebesar 8.39 unit aktivitas enzim/mg protein.

Dari hasil analisis sifat fisik dan sifat kimia-fungsional dari tepung kecambah yang dikeringkan dengan *freeze dryer* (kontrol), *drum dryer* dan *fluidized bed dryer* tersebut, tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* memiliki keunggulan yang melebihi kontrol yaitu pada sifat sudut repos, derajat putih, densitas padat, *wettability*, total tokoferol dan aktivitas antioksidan, sedangkan tepung yang dikeringkan dengan *drum dryer* memiliki keunggulan pada sudut repos, dan *solubility*. Dengan beberapa keunggulan tersebut maka yang memberikan hasil optimal adalah tepung yang dikeringkan dengan *fluidized bed dryer*.

## **B. SARAN**

Tepung kecambah kacang hijau berelitisasi natrium alginat 300 ppm yang telah dioptimalkan pengeringannya, untuk meningkatkan daya guna dari tepung kecambah kacang hijau ini maka perlu diterapkan dalam pengolahan selanjutnya dengan memperhatikan proses formulasi yang dilakukan agar senyawa-senyawa yang bermanfaat pada tepung kecambah secara utuh tetap ada pada produk pangan, sehingga produk pangan yang dihasilkan memiliki fungsi fisiologi bagi tubuh.



## DAFTAR PUSTAKA

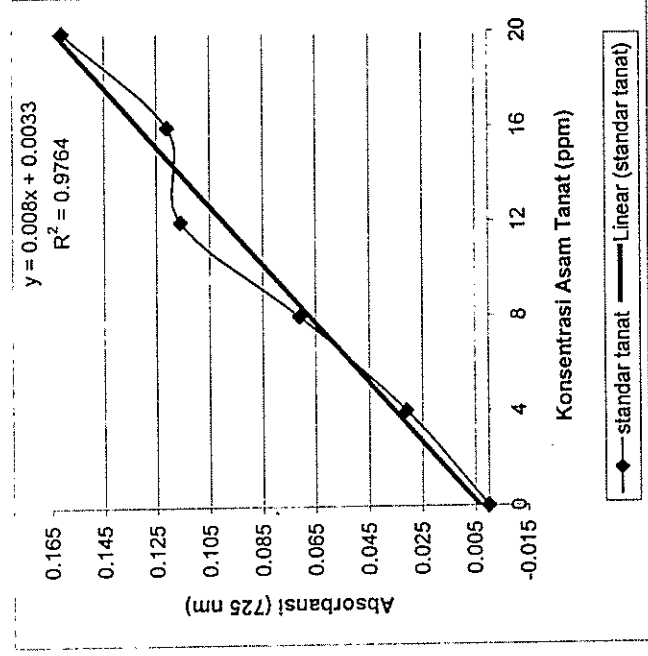
- Andarwulan, N. 1995. Isolasi dan Analisis Kerusakan Antioksidan dari Jinten (*Curcuminum cyminum* Linn). Tesis. Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Anggraeni. 2003. Pengaruh Penggunaan Poliakarida Sebagai Elisitor Untuk Produksi Antioksidan Selama Germinasi Biji Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*, Linn). Skripsi. Fateta. IPB, Bogor.
- Anonim. 2004. Viscosity. [www.afns.ualberta.ca/Hosted/foodeng/visco.asp](http://www.afns.ualberta.ca/Hosted/foodeng/visco.asp). University of Alberta.
- AOAC. 1984. Official Methodes of Analysis. Association of Official Analytical Chemist Inc., Virginia.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, Ni Luh Puspitasari, Sedarnawati dan Slamet Budjanto. 1989. Analisis Pangan. PAU. IPB, Bogor.
- Balmaceda, E. A., M. K. Kim, R. Franzen, B. Mardones, dan J. C. Lugay. 1984. Protein Functionality Methodology Standart Tests. In Regenstein, J. M., and C. E. Regenstein (ed.). Food Protein Chemistry An Introduction for Food Scientists. Academic Press, Inc. New York.
- Bhandari, B. 2000. Understanding Food : Priciples and Preparation. Wadsworth Thomson Learning. USA. [www.fst.edu.au/staff/bbhandari/teaching/brown\\_Amy](http://www.fst.edu.au/staff/bbhandari/teaching/brown_Amy).
- Bluestein, P.M. dan T.P. Labuza. 1989. Pengaruh turunnya Kadar air terhadap Zat Gizi. di dalam Harris, R.S. dan E. Karmas. 1989. Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan. Penerbit ITB Bandung, Bandung.
- Butler, L.G. 1992. Protein-polyphenol interactions: nutritional aspects. In Proceedings of the 16th International Conference of Grape Polyphenols, Volume 16, Part II, p. 11.
- Calloway, D.H. 1962. Dehydrated foods. Nutr. Rev. 20, 257-60
- Carr, R.L. 1976. Powder and Granule Properties and Mechanics. di dalam Marchello, J.M. dan A. Gomezplata (eds). Gas - Solids Handling in The Processing Industries. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Fardiaz, D., N. Andarwulan, H. Wijaya, dan N.L. Puspitasari. 1992. Petunjuk Laboratorium Teknik Analisis Sifat Fisik dan Fungsional Komponen Pangan. PAU, IPB. Bogor.

- Fardiaz, D. dan Sampoerno. 2001. Kebijakan dan pengembangan Pangan Fungsional dan Suplemen di Indonesia. di dalam Nuraida, L. dan Ratih Dewanti H. 2001. Pangan Tradisional Basis Bagi Industri Pangan Fungsional dan Suplemen. PKMT. IPB, Bogor.
- Fellows, P.J. 1990. Food Processing Technology: Principles and Practice. Ellis Horwood, New York.
- Gautama, P. 1998. Sifat Fisik Pakan Lokal Sumber Energi, Sumber Mineral, serta Sumber Hijauan pada Kadar Air dan Ukuran Partikel yang Berbeda. Skripsi Fakultas Peternakan-IPB, Bogor.
- Gerald, D., M. F. Mallet, and N. Rofle. 1990. Assessing The Flowability of Powders Using Angle of Repose. Powder Handling and Processing. Vol 2 No. 4: 341-345.
- Greig, N. 1971. Economics of Food Processing. Avi Publishing Co., Westport, Conn.
- IUPAC, 1987. Standard For The Analysis of Oils, Fat and Derivatives 7th edition.
- ✓ Kay, D.E. 1979. Food Legumes. Tropical Product Inst. London. ✓
- Khalil. 1999a. Pengaruh Kandungan Air dan Ukuran Partikel Terhadap Perubahan Perilaku Fisik Bahan Pakan Lokal: Sudut Tumpukan, Daya Ambang, dan Faktor Higroskopis. Media Peternakan Vol 22, No 1:1-11.
- Khalil. 1999b. Pengaruh Kandungan Air dan Ukuran Partikel terhadap Perubahan Perilaku Fisik Bahan Pakan Lokal: Kerapatan Tumpukan, Kerapatan Pematatan dan Berat Jenis. Media Peternakan Vol. 22 No. 1:1 - 11.
- King, C. J., W. K. Lam, and K. Sandall. 1971. Physical Properties Important for Freeze Drying Poultry Meat. Food Tech. 22 : 1302.
- ✓ Kusumo, W.T. 1987. Pengaruh Pengolahan Terhadap Nilai Gizi Kacang Hijau (Phaseolus radiatus Linn.). Skripsi. Fateta. IPB, Bogor.
- Marzuki, A. R. dan S.H. Sumadi. 2001. Bertanam Kacang Hijau. PT Penebar Swadaya Jakarta.
- Melala, E.R. 2000. Pengaruh Perendaman dengan Formaldehid (HCOH) dan Pengendapan Asam Alginat dengan HCl, terhadap Sifat Fisiko Kimia Na Alginat dari Rumpun Laut. Skripsi. Fateta IPB, Bogor.
- Peleg, M. 1983. Physical Characteristic of Food Powders. In Peleg, M. and E. B. Bagley (eds). Physical Properties of Foods. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- ✓ Sumarno dan I. Manwan. 1990. Grain Legumes. National Coordinated Research Program. Central Res. Inst. for Agric. (CRIFC). Bogor.

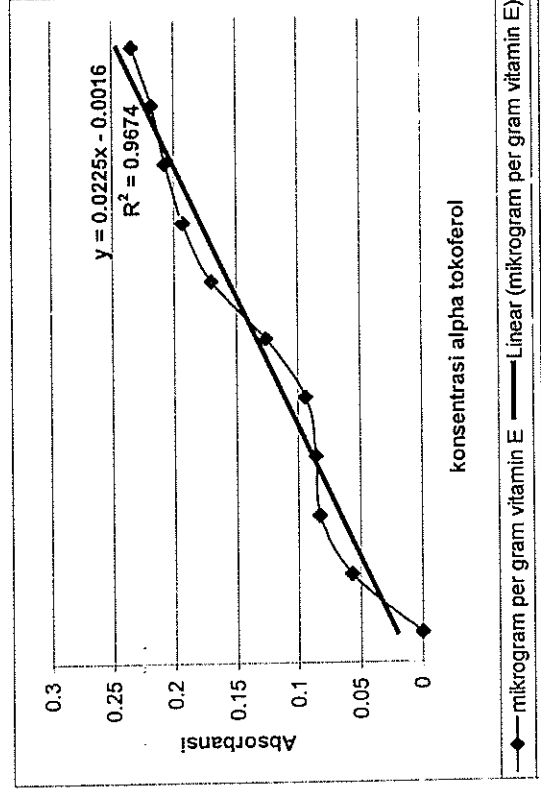
- Suratno, Y.D. 1995. Pengaruh Germinasi Terhadap Kandungan Tokoferol dari Kacang Kedelai (*Glycine max*), Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) dan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). Skripsi. Fateta Bogor.
- Syarief, R. dan A. Irawati. 1988. Pengetahuan Bahan untuk Industri Pertanian. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Toledo R.T. 1991. Fundamentals of Food Process Engineering (second eds.). Van Nostrand Reinhold, New York
- Van Sumere, C.F. 1989. Phenols and phenolic acids. In Methods in Plant Biochemistry. Vol. I. Plant Phenolics, Harborne, J.B., Ed., Academic Press, London, p. 29.
- Winarno, F.G. 1981. dari Nilai Gizi Tauge Sampai Noda Bitot. Kumpulan Pikiran dan Gagasan Tertulis(1980-1981). Pusbangtepa, IPB, Bogor.
- Winarno, F.G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. P. T. Gramedia, Jakarta.

# LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva standar fenol dan kurva standar tokoferol

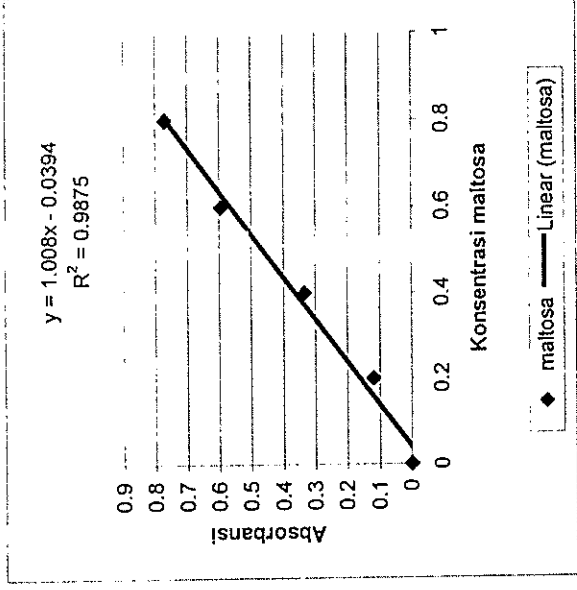


Gambar 30. Kurva standar fenol

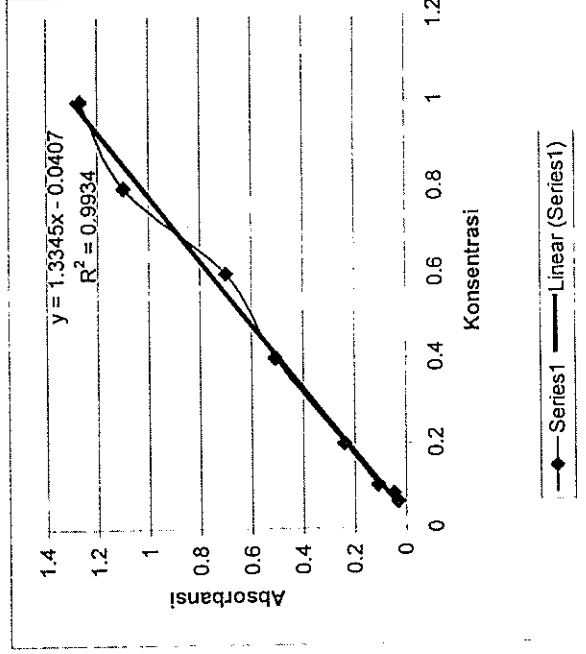


Gambar 31. Kurva standar tokoferol

Lampiran 2. Kurva standar maltosa dan kurva standar protein bradford



Gambar 32. Kurva standar maltosa



Gambar 33. Kurva standar protein bradford

Lampiran 3. Produksi total fenol (berat kering) selama germinasi kecambah kacang hijau berelitisasi natrium alginat

Umur Kecambah	Ulangan	Total fenol (ppm)	Rata-rata
0 jam	I	9.20	9.16±0.06
	II	9.11	
12 jam	I	10.50	9.21±1.82
	II	7.92	
24 jam	I	11.83	12.23±00.57
	II	12.63	
36 jam	I	11.64	11.32±0.45
	II	11.00	
48 jam	I	15.16	12.33±4.00
	II	9.51	

Lampiran 4. Produksi total tokoferol (berat kering) selama germinasi kecambah kacang hijau berelitisasi natrium alginat

Umur Kecambah	Ulangan	Total tokoferol (ppm)	Rata-rata
0 jam	I	1290.44	782.68±718.09
	II	274.91	
12 jam	I	476.07	416.09±84.83
	II	356.10	
24 jam	I	412.35	570.25±223.30
	II	728.15	
36 jam	I	1390.42	936.44±642.03
	II	482.45	
48 jam	I	522.11	1367.40±1195.42
	II	2212.69	

Lampiran 5. Kadar air selama germinasi kecambah kacang hijau berelitisasi natrium alginat

Lampiran 5a. Kadar air berat kecambah basah

Umur Kecambah	Ulangan	Kadar air (%)	Rata-rata
0 jam	I	60.36	59.94%±0.01
	II	59.53	
12 jam	I	66.88	67.53%±0.01
	II	68.18	
24 jam	I	69.59	69.97%±0.01
	II	70.36	
36 jam	I	70.55	70.64%±0.00
	II	70.74	
48 jam	I	72.68	72.30%±0.01
	II	71.91	

Lampiran 5b. Kadar air berat kecambah kering

Umur Kecambah	Ulangan	Kadar air (%)	Rata-rata
0 jam	I	3.14	3.08%±0.00
	II	3.01	
12 jam	I	3.28	2.95%±0.00
	II	2.62	
24 jam	I	4.69	3.99%±0.01
	II	3.30	
36 jam	I	4.16	5.37%±0.02
	II	6.58	
48 jam	I	5.80	5.42%±0.01
	II	5.04	



Lampiran 6. Sudut repos tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Sudut Repos (derajat)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	40.02	39.60±0.59
	II	39.19	
<i>Fluidized Bed dryer</i>	I	37.19	37.36±0.25
	II	37.54	
<i>Drum Dryer</i>	I	37.48	38.32±1.18
	II	39.15	

Lampiran 7. Derajat putih tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Derajat Putih (%)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	44.90	45.65±1.06
	II	46.40	
<i>Fluidized bed Dryer</i>	I	54.70	54.90±0.28
	II	55.10	
<i>Drum Dryer</i>	I	38.20	38.45±0.35
	II	38.700	

Lampiran 8. Densitas kamba tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Densitas Kamba (g/ml)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	0.56	0.56±0.00
	II	0.56	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	0.55	0.55±0.00
	II	0.55	
<i>Drum Dryer</i>	I	0.51	0.50±0.02
	II	0.49	

Lampiran 9. Densitas padat tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Densitas Padat (g/ml)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	0.74	0.74±0.01
	II	0.73	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	0.76	0.76±0.00
	II	0.76	
<i>Drum Dryer</i>	I	0.60	0.59±0.01
	II	0.58	

Lampiran 10. *Wettability* tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	<i>Wettability</i> (detik)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	493.00	441.50±72.83
	II	390.00	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	252.00	238.00±19.80
	II	224.00	
<i>Drum Dryer</i>	I	1550.00	1781.00±326.68
	II	2012.00	

Lampiran 11. *Solubility* tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	<i>Solubility</i> (%)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	93.71	93.58±0.18
	II	93.46	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	92.55	93.78±1.74
	II	95.01	
<i>Drum Dryer</i>	I	93.47	94.04±0.81
	II	94.62	

Lampiran 12. *Dispersibility* tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	<i>Dispersibility</i> (%)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	6.83	6.79±0.06
	II	6.75	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	6.33	6.22±0.16
	II	6.10	
<i>Drum Dryer</i>	I	3.81	3.83±0.03
	II	3.85	

Lampiran 13. Kadar air tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Kadar air (%)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	9.09	9.19±0.13
	II	9.28	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	8.01	8.00±0.01
	II	7.99	
<i>Drum Dryer</i>	I	5.39	5.47±0.11
	II	5.55	

Lampiran 14. Total fenol (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Total Fenol (ppm)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	18.06	17.85±0.30
	II	17.63	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	11.85	11.07±1.11
	II	10.28	
<i>Drum Dryer</i>	I	6.42	6.84±0.59
	II	7.26	

Lampiran 15. Kadar total tokoferol berdasarkan berat kering tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Vitamin E (ppm)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	391.67	384.44±10.23
	II	377.20	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	711.97	670.18±59.11
	II	628.38	
<i>Drum Dryer</i>	I	166.93	142.33±34.79
	II	117.73	

Lampiran 16. Total karoten (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Total Karoten (ppm)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	0.97	0.97±0.00
	II	0.97	
<i>Fluidised Bed Dryer</i>	I	0.84	0.85±0.02
	II	0.87	
<i>Drum Dryer</i>	I	0.14	0.16±0.02
	II	0.18	

Lampiran 17. Aktivitas antioksidan tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

Alat	Ulangan	Periode Induksi (jam)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	16.36	17.13±1.09
	II	17.90	
<i>Drum Dryer</i>	I	16.86	16.92±0.08
	II	16.97	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	17.30	17.44±0.19
	II	17.57	
BHT			
Minyak Kedelai			8.82
Minyak Kedelai			7.60

Lampiran 18. Data aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan

Alat	Ulangan	Unit Aktivitas Enzim/ml filtrat	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	3.12	2.75±0.51
	II	2.39	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	1.32	1.25±0.10
	II	1.18	
<i>Drum Dryer</i>	I	0.75	0.68±0.11
	II	0.60	

Lampiran 19. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase (unit aktivitas enzim/mg protein) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan

Alat	Ulangan	Unit Aktivitas Enzim/mg protein	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	25.19	23.62±2.22
	II	22.05	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	9.94	10.31±0.53
	II	10.69	
<i>Drum Dryer</i>	I	9.61	8.39±1.73
	II	7.16	

Lampiran 20. Gula pereduksi (%) (berat kering) tepung kecambah kacang hijau hasil pengeringan

Alat	Ulangan	Gula Pereduksi (%)	Rata-rata
<i>Freeze Dryer</i>	I	0.38	0.48±0.14
	II	0.58	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	I	0.41	0.47±0.08
	II	0.52	
<i>Drum Dryer</i>	I	0.69	0.71±0.02
	II	0.72	

Lampiran 21. Output alat Rotovisco

Waktu perlakuan 3 menit  
Suhu 25°C

Point	Freeze dryer			Fluidized bed dryer			Drum dryer		
	$\tau$ (Pa)	D(1/s)	$\eta$ (Pa.s)	$\tau$ (Pa)	D(1/s)	$\eta$ (Pa.s)	$\tau$ (Pa)	D(1/s)	$\eta$ (Pa.s)
1	18.780	59.740	0.314	26.850	59.780	0.449	18.170	59.690	0.304
2	15.040	59.740	0.252	7.973	59.740	0.134	8.439	59.740	0.141
3	24.580	59.740	0.412	18.820	59.740	0.315	9.030	59.690	0.151
4	9.891	59.780	0.166	6.877	59.780	0.115	21.360	59.780	0.357
5	10.280	59.740	0.172	9.794	59.780	0.164	9.109	59.780	0.152
6	22.840	59.740	0.382	18.760	59.780	0.314	5.307	59.690	0.089
7	17.360	59.780	0.290	9.069	59.740	0.152	18.170	59.740	0.304
8	6.649	59.740	0.111	6.752	59.740	0.113	15.530	59.690	0.260
9	20.930	59.740	0.350	16.120	59.690	0.270	3.932	59.740	0.066
10	23.220	59.690	0.389	16.380	59.690	0.274	13.960	59.690	0.234
Rataan	0.283			0.23			0.21		
Simpangan Baku	0.11			0.11			0.10		

Keterangan :

- $\tau$  = Shear stress
- D = Shear rate
- $\eta$  = Viskositas

Lampiran 22. Hasil analisis ragam terhadap sifat fisik dan sifat kimia-fungsional tepung kacangah hijau hasil pengeringan dengan berbagai alat pengering

ANALISIS RAGAM Derajat Putih (%)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	P
Nilai Tengah Baris	272.003	2	136.002	306.771	.000
Nilai Tengah Kolom	1.330	3	.443		
Total	273.333	5			

### Kehomogenan Grup

Derajat Putih (%) Tukey HSD				
	N	Grup Pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
Alat Pengering				
<i>Drum dryer</i>	2	38.4500		
<i>Freeze dryer</i>	2		45.6500	
<i>Fluidized bed dryer</i>	2			54.9000
p		1.000	1.000	1.000

ANALISIS RAGAM Sudut Repos (Derajat sudut)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	5.056	2	2.528	4.213	.135
Nilai tengah Kolom	1.800	3	.600		
Total	6.856	5			

### Kehomogenan Grup

Sudut Repos (Derajat sudut) Tukey HSD		
	N	Grup pada $\alpha = .05$
		1
Alat Pengering		
<i>Fluidized bed dryer</i>	2	37.3650
<i>Drum dryer</i>	2	38.3150
<i>Freeze dryer</i>	2	39.6050
p		.123

ANALISIS RAGAM Densitas Kamba (g/ml)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	.004	2	.002	31.000	.010
Nilai Tengah Kolom	.000	3	.000		
Total	.004	5			

### Kehomogenan Grup

Densitas Kamba (g/ml) Tukey HSD		
	N	Grup pada $\alpha = .05$
	Alat Pengering	2
Drum dryer	2	.5000
Fluidized bed dryer	2	.5500
Freeze dryer	2	.5600
p		1.000 .518

ANALISIS RAGAM Densitas Padat (g/ml)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	.034	2	.017	202.200	.001
Nilai Tengah Kolom	.000	3	.000		
Total	.034	5			

### Kehomogenan Grup

Densitas Padat (g/ml) Tukey HSD		
	N	Grup pada $\alpha = .05$
	Alat Pengering	2
Drum dryer	2	.5900
Freeze dryer	2	.7350
Fluidized bed dryer	2	.7600
p		1.000 .138



ANALISIS RAGAM Wettability (deflek)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	2811014.333	2	1405507.167	37.507	.008
Nilai Tengah Kolom	112418.500	3	37472.833		
Total	2923432.833	5			

### Kehomogenan Grup

Wettability (deflek) Tukey HSD		
	N	
	1	2
Alat Pengereng		
Fluidized bed dryer	2	238.0000
Freeze dryer	2	441.5000
Drum dryer	2	1781.0000
p		.600
		1.000

ANALISIS RAGAM Dispersibility (%)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	9.854	2	4.927	485.401	.000
Nilai Tengah Kolom	.030	3	.010		
Total	9.884	5			

### Kehomogenan Grup

Dispersibility (%) Tukey HSD		
	N	
	1	2
Alat Pengereng		3
Drum dryer	2	3.8300
Fluidized bed dryer	2	6.2150
Freeze dryer	2	6.7900
p		1.000
		1.000

ANALISIS RAGAM Solubility (%)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	.213	2	.107	.086	.920
Nilai Tengah Kolom	3.718	3	1.239		
Total	3.932	5			

### Kehomogenan Grup

Solubility (%) Tukey HSD	
N	Grup pada $\alpha = .05$
Alat Pengering	1
Freeze dryer	93.5850
Fluidized bed dryer	93.7800
Drum dryer	94.0450
p	.913

ANALISIS RAGAM Viskositas (Pa s)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai tengah Baris	.032	2	.016	1.421	.259
Nilai Tengah Kolom	.301	27	.011		
Total	.333	29			

### Kehomogenan Grup

Viskositas (Pa s) Tukey HSD	
N	Grup Pada $\alpha = .05$
Alat Pengering	1
Drum dryer	.2058
Fluidized bed dryer	.2299
Freeze dryer	.2836
p	.244

ANALISIS RAGAM Kadar Air (%)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	14.404	2	7.202	695.857	.000
Nilai Tengah Kolom	.031	3	.010		
Total	14.435	5			

### Kehomogenan Grup

Kadar Air (%) Tukey HSD				
	N	Grup pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
Alat Pengering				
<i>Drum dryer</i>	2	5.4700		
<i>Fluidized bed dryer</i>	2		8.0000	
<i>Freeze dryer</i>	2			9.1850
p		1.000	1.000	1.000

ANALISIS RAGAM Total Fenol (ppm)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	123.286	2	61.643	110.228	.002
Nilai Tengah Kolom	1.678	3	.559		
Total	124.964	5			

### Kehomogenan Grup

Total Fenol (ppm) Tukey HSD				
	N	Grup Pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
Alat Pengering				
<i>Drum dryer</i>	2	6.8400		
<i>Fluidized bed dryer</i>	2		11.0650	
<i>Freeze dryer</i>	2			17.8450
p		1.000	1.000	1.000

ANALISIS RAGAM Total Tokoferol (ppm)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	279255.015	2	139627.508	87.110	.002
Nilai Tengah Kolom	4808.655	3	1602.885		
Total	284063.670	5			

### Kehomogenan Grup

Total Tokoferol (ppm) Tukey HSD				
	N	Grup pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
Alat Pengereng				
Drum dryer	2	142.3300		
Freeze dryer	2		384.4350	
Fluidized bed dryer	2			670.1750
p		1.000	1.000	1.000

ANALISIS RAGAM Total Karoten (ppm)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	.768	2	.384	921.880	.000
Nilai Tengah Kolom	.001	3	.000		
Total	.769	5			

### Kehomogenan Grup

Total Karoten (ppm) Tukey HSD				
	N	Grup pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
Alat Pengereng				
Drum dryer	2	.1600		
Fluidized bed dryer	2		.8550	
Freeze dryer	2			.9700
p		1.000	1.000	1.000

ANALISIS RAGAM					
Ransimat					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah baris	.273	2	.137	.334	.740
Nilai Tengah Kolom	1.228	3	.409		
Total	1.501	5			

### Kehomogenan Grup

Ransimat		Tukey HSD	
	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
Alat Pengering		1	
Drum dryer	2	16.9150	
Freeze dryer	2	17.1300	
Fluidized bed dryer	2	17.4350	
p		.722	

ANALISIS RAGAM					
Aktivitas a-amilase (UA enzim/mg protein)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	275.235	2	137.618	50.273	.005
Nilai Tengah Kolom	8.212	3	2.737		
Total	283.448	5			

### Kehomogenan Grup

Aktivitas a-amilase (UA enzim/mg protein)		Tukey HSD	
	N	Grup pada $\alpha = .05$	
Alat Pengering		1 2	
Drum dryer	2	8.3850	
Fluidized bed dryer	2	10.3150	
Freeze dryer	2	23.6200	
p		.545 1.000	

ANALISIS RAGAM Gula Pereduksi (%)					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	p
Nilai Tengah Baris	.072	2	.036	4.092	.139
Nilai Tengah Kolom	.027	3	.009		
Total	.099	5			

### Kehomogenan Grup

Gula Pereduksi (%) Tukey HSD		Grup pada $\alpha = .05$
	N	1
Alat Pengering		
<i>Fluidized bed dryer</i>	2	.4650
<i>Freeze dryer</i>	2	.4800
<i>Drum dryer</i>	2	.7050
p		.161