

F/TP6
2004
041

11/2

PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP SIFAT
FISIKO-KIMIA TEPUNG KECAMBAH KEDELAI (*Glicine max* (L)
Merril) HASIL GERMINASI DENGAN PERLAKUAN XANTHAN
GUM SEBAGAI ELISITOR FENOLIK ANTIOKSIDAN

Oleh
ERNA
F02499112



2004
JURUSAN TEKNOLOGI PANGAN DAN GIZI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

**PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP SIFAT
FISIKO-KIMIA TEPUNG KECAMBAH KEDELAI (*Glicine max* (L)
Merril) HASIL GERMINASI DENGAN PERLAKUAN XANTHAN
GUM SEBAGAI ELISITOR FENOLIK ANTIOKSIDAN**

Oleh
ERNA
F02499112

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

2004

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

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta 22 tahun yang lalu pada tanggal 19 Oktober 1982 dari pasangan Ute Arifin Sitorus dengan Rosmiati Siagian. Penulis lulus dari SMU Negeri 78 Jakarta pada tahun 1999. Pada tahun yang sama penulis lulus seleksi masuk IPB dengan memilih Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian melalui jalur Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN).

Selama masa perkuliahan penulis banyak berkecimpung dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan selain itu penulis juga pernah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di daerah Bogor selama dua bulan selama periode Juni-Agustus 2002.

Erna. F02499112. Pengaruh Proses Pengeringan Sifat Fisiko-Kimia Tepung Kecambah Kedelai (*Glycine max* (L) Merril) Hasil Germinasi Dengan Perlakuan Xanthan Gum sebagai Elisitor Fenolik Antioksidan. Dibawah bimbingan Nuri Andarwulan dan Purwiyatno Hariyadi. 2004.

RINGKASAN

Penelitian ini dilakukan terhadap kecambah kacang kedelai karena kecambah memiliki nilai gizi dan daya cerna lebih baik dari bentuk bijinya sehingga perlu adanya proses pengolahan yang tidak merusak komponen nutrisi dan non nutrisi yang telah terkandung didalamnya. Hasil penelitian ini diharapkan menghasilkan tepung kecambah kedelai yang tetap memiliki nilai tambah dengan kandungan antioksidan alami yang tetap tinggi walaupun telah melalui proses pengeringan.

Tepung kecambah kedelai yang telah dikeringkan harus dapat mempertahankan kandungan antioksidan alami yang telah dihasilkan dalam proses perkecambahan dengan perlakuan elisitasi menggunakan xanthan gum dengan konsentrasi 50 ppm untuk memproduksi fitoelektin. Rangsangan ini diperlukan untuk meningkatkan senyawa fenolik dari kecambah kedelai sebagai antioksidan alami dan meningkatkan kandungan nilai nutrisi dan non nutrisi.

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu penentuan waktu germinasi untuk produktivitas fenolik tertinggi dengan elisitor berupa xanthan gum, optimasi proses pengeringan untuk produksi tepung kecambah kedelai, analisis sifat fisik-fungsional tepung kecambah kedelai dan analisis sifat kimia-fungsional tepung kecambah kedelai.

Penentuan waktu germinasi optimum menunjukkan bahwa pada grafik hubungan waktu germinasi optimum untuk produksi alpha tokoferol dan fenol per 75 g kacang kedelai, waktu germinasi 36 jam menghasilkan senyawa fenolik maksimum dengan kadar alpha-tokoferol sebesar 18.94 mg dan kadar total fenol sebesar 3.31 mg.

Pengaruh pengeringan untuk produksi tepung kecambah menunjukkan bahwa pada *drum dryer* dengan tekanan 2.5-2.75 bar dan suhu inlet pengeringan 78°C dan pada *fluidized-bed dryer* dengan suhu pengeringan 60-65°C dan waktu pengeringan 3 jam menghasilkan tepung kecambah dengan penampakan visual terbaik.

Pada analisis sifat fisik-fungsional tepung kecambah kedelai, dari hasil analisa statistik menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai dari ketiga alat pengering berbeda nyata dalam derajat putih (FD = 46.6, FBD = 49.15, DD = 38.45), sudut repos (FD = 43.06, FBD = 41.72, DD = 44.35), densitas kamba (FD = 0.41 g/ml, FBD = 0.40 g/ml, DD = 0.33 g/ml) dan pemadatan ((FD = 0.83 g/ml, FBD = 0.82 g/ml, DD = 0.66 g/ml) serta viskositas (FD = 0.0206 Pa.s, FBD = 0.0654 Pa., DD = 0.0237 Pa.s). Untuk semua analisa fisik, tepung kecambah kedelai dengan *fluidized-bed dryer* lebih mendekati kontrolnya, *freeze dryer*, dibandingkan *drum dryer*.

Sifat fungsional (*wettability*, *solubility*, *dispersibility*) juga menunjukkan keadaan yang sama dimana berdasarkan analisa statistik, tepung kecambah kedelai dengan ketiga alat pengering berbeda nyata dan *fluidized-bed dryer* lebih mendekati keadaan kontrolnya, *freeze dryer*. Nilai sifat fungsional FD (74 dtk, 51.89%, 6.06%), FBD (156.5 dtk, 76.49%, 6.07%) dan DD (324.5 dtk, 29.04%, 2.26%)

Analisis sifat kimia-fungsional tepung kecambah, pada sifat kimia meliputi kandungan senyawa antioksidan dan aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa kadar fenol tertinggi diperoleh oleh tepung kecambah kedelai dari *fluidized-bed dryer* sebesar 61.88 ppm. Kadar tokoferol tepung kecambah kedelai *fluidized bed dryer* (39.00 ppm) tidak berbeda jauh dengan *freeze dryer* (40.66 ppm) sedangkan tepung kecambah kedelai pada *drum dryer* hanya sebesar 30.62 ppm. Kadar karoten tepung kecambah kedelai tertinggi juga diperoleh dari pengering kontrol, *freeze dryer* (0.86 ppm) namun nilai ini tidak jauh berbeda dengan *fluidized-bed dryer* (0.75 ppm).

Pada aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa semakin lama waktu induksi maka semakin baik aktivitas antioksidannya. Tepung kecambah kedelai dengan *Fluidized-bed dryer* memiliki periode induksi tertinggi (20.06 jam), *freeze dryer* (19.45 jam) dan *drum dryer* (16 jam). Kadar gula pereduksi menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai dengan ketiga alat pengering memiliki kadar gula pereduksi yang rendah. Nilai terendah dimiliki oleh *fluidized-bed dryer* (0.42 %) dan tertinggi oleh *drum dryer* (0.99 %). Sedangkan pada aktivitas alpha amilase, tepung kecambah kedelai dengan nilai terendah pada *drum dryer* (0.28 ppm), tertinggi pada *freeze dryer* (11.40 ppm) yang tidak jauh berbeda dengan *fluidized-bed dryer* (9.88 ppm).

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi proses pengeringan tepung kecambah kedelai hasil germinasi dengan perlakuan xanthan gum sebagai elisitor fenolik antioksidan tidak dapat dilakukan dengan alat pengering *drum dryer*. Faktor utamanya karena adanya kontrak langsung dengan udara, cahaya dan suhu pengeringan yang terlalu tinggi. Kondisi pengeringan ini tidak sesuai untuk senyawa antioksidan didalamnya, menyebabkan degradasi enzim alpha amilase dan reaksi pencoklatan non enzimatis. Untuk mencari perubahan nilai nutrisi terendah maka *fluidized-bed dryer* sesuai untuk proses pengeringan ini karena memiliki nilai efisiensi dan efektifitas yang lebih mendekati kontrolnya, *freeze dryer*.

KATA PENGANTAR

Segenap puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya-lah akhirnya skripsi ini dapat penulis selesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Papa dan Mama atas segala curahan materiil, spritual dan kepercayaan yang diberikan selama kost. Adikku termanis, Yuni, untuk waktu dan kesabarannya mengupas kecambah, juga tidak lupa buat Daniel untuk komputer dan nasihatnya yang cukup tegas serta Bu Minah untuk semua pelayanannya. Tuhan memberkati.
2. Aa Dodi, Teh Rosita, Teh Tuti (bu'kost favorit) serta Keluarga besar H. Uking Sumantri serta Nizha's Fam. atas segala bimbingan yang diberikan selama di warung "Setia Usaha, Bateng 107".
3. Dr. Ir. Nuri Andarwulan, MSi dan Dr. Ir. Purwiyatno Hariyadi, MSc sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini serta Staf Jurusan, Mba Ratni dan Mba Eno, Mba Yuni dan Pak Misdi.
4. Dr. Ir. Yadi Haryadi, MSc untuk kesediaannya sebagai dosen penguji yang banyak memberikan masukan dalam skripsi ini.
5. Bapak Darman M. Arsyad dan Staf Balitkabi, Malang, atas penyediaan benih kacang kedelai.
6. Laboran TPG : Pak Wahid, Pak Rojak, Pak Sobirin, Pak Yahya, Pak Gatot, Teh Ida, Bu Rubiyah, Pak Sidik, Pak Koko, Teh Yane, Teh Ririn atas bantuannya selama penelitian.
7. Tim Kecambah Dwi Ishartani dan Doni Cahyo atas kebersamaan kerjasama, dorongan semangat dan kesabarannya.
8. Teman-teman belajar yang manis dan baik hati untuk segala nasihat dan kesabarannya : Wendy, Kiki Dina M., Dety R., Gina Yuwono dan Yokep.

9. Jani NPS untuk kasih sayang yang pernah diberikan dan pengalaman yang membuat penulis semakin kuat dalam menghadapi hidup.
10. Sahabat terbaikku, tanpa mereka penulis tidak akan cukup tegar menghadapi cobaan kehidupan, Eka Paramaditya dan Niedha Yuhanida. Terima kasih untuk selalu mendengarkan dan selalu ada saat duka melanda.
11. Teman-teman bermainku yang turut juga berperan menyemangati penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini yaitu : Bang Irfan, Gery, Gilang, Datu, Ben, Ijal, Babe Irwen, Erlangga, Donald, Olo dan Charles. Terima kasih untuk semua pengalaman hidup yang kita lalui bersama.
12. Penasihat spritiual, Fikri dan Eza untuk kesabarannya dalam membimbing penulis.
13. Sahabat-sahabat SMU yang tergabung dalam kelompok "The "Batax girls": Hanna, Mia dan Octa untuk persahabatan yang telah terjalin selama 7 tahun dengan dukungan spriritualnya.
14. Sahabat-sahabat SMP yang tergabung dalam kelompok "The Joy Luck Club" : Yuana, Indah, Harly, Flora, Botenx, Riky dan Yoyo untuk persahabatan yang telah terjalin selama 10 tahun dengan dukungan spriritualnya.
15. PTD crew (Mba Nisa, Gomesh, Mba Meri, Mba Dedeh, Mba Ami, Awi, Arman, Echa) atas kebersamaan, persahabatan, keceriaanya. Semoga tetap terjalin.
16. Sari, untuk kebersamaan singkat yang kita rasakan dan kita pasti berjumpa lagi.
17. Keluarga besar Bateng dengan segala kehangatannya
18. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan tulisan selanjutnya. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan memberi masukan tambahan bagi pihak yang membutuhkannya.

Bogor, Februari 2004

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR -----	iv
DAFTAR ISI -----	vi
DAFTAR TABEL -----	ix
DAFTAR GAMBAR -----	x
DAFTAR LAMPIRAN -----	xii
I. PENDAHULUAN -----	1
A. LATAR BELAKANG -----	1
B. TUJUAN PENELITIAN -----	3
II. TINJAUAN PUSTAKA -----	4
A. KECAMBAH -----	4
B. ANTIOKSIDAN ALAMI -----	5
C. PENGERINGAN -----	7
D. ALAT PENGERING -----	9
1. <i>Freeze Dryer</i> -----	9
2. <i>Drum Dryer</i> -----	10
3. <i>Fluidized-bed Dryer</i> -----	11
E. SIFAT FISIK TEPUNG -----	14
1. Densitas -----	14
2. Sudut repos (<i>Angel of Repose</i>) -----	15
3. <i>Wettability</i> -----	16
4. <i>Solubility</i> -----	16
5. <i>Dispersibility</i> -----	17
III. BAHAN DAN METODE -----	18
A. BAHAN DAN ALAT -----	18
B. METODE PENELITIAN -----	18
1. Penelitian Tahap I : Waktu Germinasi Optimum -----	18
2. Penelitian Tahap II : Pengaruh Proses Pengerinan untuk Produksi Tepung Kecambah -----	19
3. Penelitian Pahap III : Analisis Sifat Fisik-Fungsional Tepung Kecambah Kedelai -----	19

4. Penelitian Tahap IV : Analisis Sifat Kimia-Fungsional Tepung Kecambah Kedelai -----	20
C. PENGAMATAN-----	22
1. Derajat Putih (Balmaceda et al., 1984)-----	20
2. Sudut Repos -----	22
3. Ukuran Partikel -----	23
4. Viskositas -----	23
5. Densitas-----	23
a. Densitas Kamba (Khalil, 1999a) -----	23
b. Densitas Pemadatan (Khalil, 1999a)-----	23
6. <i>Wettability</i> (Bhandari,2000)-----	24
7. <i>Solubility</i> (Fardiaz <i>et. al.</i> , 1992) -----	24
8. <i>Dispersibility</i> (Bhandari,2000)-----	24
9. Kadar air (Apriyantono <i>et al.</i> , 1989) -----	25
10. Total Fenol Metode Chandler dan Dodds yang dimodifikasi (Shetty <i>et al.</i> , 1995) -----	25
11. Total Tokoferol Metode Emmerie-Engel (IUPAC, 1987) -----	26
12. Total Karoten (AOAC, 1984)-----	26
13. Aktivitas Antioksidan (Rancimat)-----	27
14. Total gula pereduksi Metode Shaffer Somogyi (AOAC, 1984)----	27
15. Aktivitas α -amilase (Bernfeld, 1995) -----	28
D. RANCANGAN PERCOBAAN-----	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN-----	31
A. WAKTU GERMINASI OPTIMUM -----	31
B. PENGARUH PROSES PENDINGINAN UNTUK PRODUKSI TEPUNG KECAMBAH-----	35
C. ANALISIS SIFAT FISIK-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KEDELAI -----	37
1. Analisis Sifat Fisik Tepung Kecambah Kedelai -----	38
a. Derajat Putih-----	38
b. Sudut Repos -----	40
c. Ukuran Partikel-----	41
d. Viskositas -----	42
e. Densitas -----	42

2. Sifat Fungsional Tepung Kecambah Kedelai -----	45
a. <i>Wettability</i> -----	45
b. <i>Solubility</i> -----	46
c. <i>Dispersibility</i> -----	48
D. ANALISIS SIFAT KIMIA-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KEDELAI -----	50
1. Kadar Air-----	50
2. Kandungan Senyawa Antioksidan dan Aktivitas Antioksidan ----	51
a. Total Fenol-----	51
b. Total Tokoferol-----	53
c. Total Beta Karoten-----	55
d. Aktivitas Antioksidan -----	57
3. Kandungan Gula Pereduksi dan Aktivitas Alpha-amilase -----	59
a. Kadar Gula Pereduksi -----	59
b. Aktivitas Alpha-amilase-----	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN-----	65
A. KESIMPULAN -----	65
B. SARAN -----	66
DAFTAR PUSTAKA-----	67
LAMPIRAN-----	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai kandungan gizi dalam 100 gram kedelai dan tauge-----	5
Tabel 2. Perbandingan antara alat pengering yang digunakan-----	13
Tabel 3. Hubungan Kohesivitas dengan sudut tumpukan-----	15
Tabel 4. Derajat putih tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	40
Tabel 5. Sudut repos tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	41
Tabel 6. Rendemen tepung kecambah dengan ayakan 60 mesh-----	41
Tabel 7. Viskositas tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	42
Tabel 8. Derajat kamba dan pemadatan tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	44
Tabel 9. <i>Wettability</i> tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	46
Tabel 10. <i>Solubility</i> tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	48
Tabel 11. <i>Dispersibility</i> tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	49
Tabel 12. Total fenol tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	53
Tabel 13. Tokoferol tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	54
Tabel 14. Beta-karoten tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	56
Tabel 15. Aktivitas antioksidan tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	58
Tabel 16. Efisiensi antioksidan tepung kecambah kedelai-----	59
Tabel 17. Gula pereduksi tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	61
Tabel 18. Aktivitas α -amilase tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram alir produksi kecambah untuk penentuan produktivitas fenolik selama germinasi kacang kedelai-----	20
Gambar 2. Diagram alir produksi tepung kecambah -----	21
Gambar 3. Pengukuran sudut repos -----	22
Gambar 4. Berat kering kecambah kedelai selama germinasi-----	32
Gambar 5. Bagan Jalur Biosintesis Senyawa Fenolik dan IAA -----	32
Gambar 6. Kurva produktifitas maksimal fenol kecambah kedelai selama germinasi -----	33
Gambar 7. Kurva produktifitas maksimal tokoferol kecambah kedelai selama germinasi -----	34
Gambar 8. Grafik hubungan waktu germinasi optimum untuk produksi total fenol dan total tokoferol kecambah kedelai -----	34
Gambar 9. Foto kecambah kering menggunakan <i>fluidized bed-dryer</i> dan <i>freeze dryer</i> -----	36
Gambar 10. Histogram rendemen tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering -----	36
Gambar 11. Foto tepung kecambah kedelai hasil pengeringan menggunakan beberapa alat pengering -----	38
Gambar 12. Grafik derajat putih tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	39
Gambar 13. Histogram densitas kamba dan densitas pepadatan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan beberapa alat pengering ---	43
Gambar 14. Histogram <i>wettability</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	45
Gambar 15. Histogram <i>solubility</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	47
Gambar 16. Histogram <i>dispersibility</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	47
Gambar 17. Histogram <i>dispersibility</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	49
Gambar 18. Histogram kadar air tepung kecambah basah dan tepung kecambah hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering ---	51

Gambar 19. Histogram kadar fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	52
Gambar 20. Histogram kadar tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	54
Gambar 21. Histogram karoten tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	56
Gambar 22. Histogram periode induksi kontrol, kontrol+BHT dan ekstrak etanol kecambah kedelai -----	58
Gambar 23. Histogram gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	60
Gambar 24. Histogram aktivitas alpha-amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering -----	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kurva standar fenol-----	73
Lampiran 2. Kurva standar alpha-tokoferol-----	73
Lampiran 3. Kurva standar maltosa-----	74
Lampiran 4. Kurva standar protein-----	74
Lampiran 5. Data kadar total fenol kecambah kedelai menggunakan <i>freeze dryer</i> -----	75
Lampiran 6. Data kadar total fenol kecambah kedelai menggunakan <i>freeze dryer</i> -----	75
Lampiran 7. Data kadar vitamin E kecambah kedelai menggunakan <i>freeze dryer</i> -----	76
Lampiran 8. Data produktivitas maksimal α -tokoferol dan total fenol per 75 g kacang kedelai selama germinasi-----	76
Lampiran 9. Data kadar air kecambah basah dan kadar air tepung kecambah kering menggunakan beberapa alat pengering-----	76
Lampiran 10. Berat kacang kedelai, kecambah basah dan rendemen tepung kecambah kedelai menggunakan beberapa alat pengering-----	77
Lampiran 11. Hasil analisa statistik pada derajat putih tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	77
Lampiran 12. Hasil analisa statistik pada sudut repos tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	78
Lampiran 13. Hasil analisa statistik pada viskositas tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	79
Lampiran 14. Hasil analisa statistik pada densitas kamba tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	80
Lampiran 15. Hasil analisa statistik pada densitas pemadatan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	81
Lampiran 16. Hasil analisa statistik pada <i>wettability</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	82
Lampiran 17. Hasil analisa statistik pada <i>solubility</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	83
Lampiran 18. Hasil analisa statistik pada <i>dispersibility</i> tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	84
Lampiran 19. Data kadar total fenol tepung kecambah kedelai hasil Pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	84

Lampiran 20.	Hasil analisa statistik pada kadar fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering ----	85
Lampiran 21.	Data kadar total tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	85
Lampiran 22.	Hasil analisa statistik pada kadar total tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	86
Lampiran 23.	Data β -karoten tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering-----	86
Lampiran 24.	Hasil analisa statistik pada β -karoten tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering ----	87
Lampiran 25.	Hasil analisa statistik pada aktivitas antioksidan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	88
Lampiran 26.	Data kadar gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	88
Lampiran 27.	Hasil analisa statistik pada kadar gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	89
Lampiran 28.	Data aktivitas alpha-amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	90
Lampiran 29.	Hasil analisa statistik pada aktivitas alpha-amilasetepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering-----	91

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kekhawatiran konsumen dengan penggunaan antioksidan sintetik, kecenderungan yang terus meningkat dari masyarakat dalam mengkonsumsi pangan fungsional, mengingat bahwa banyaknya komponen seperti phenolik dari tanaman dapat berfungsi sebagai antikarsinogen, antiatherogenik dan antimutagen pada makanan, berpengaruh nyata dalam kesehatan konsumen. Pangan fungsional merupakan bahan pangan yang mempunyai efek positif terhadap kesehatan sehingga dapat meningkatkan status kesehatan tubuh.

Pangan fungsional biasanya mengandung komponen nutritif maupun non nutritif seperti serat dan antioksidan. Antioksidan telah banyak diperbincangkan sebagai salah satu komponen non nutritif yang berfungsi untuk mencegah reaksi oksidasi berlebihan dalam tubuh. Antioksidan adalah zat yang dalam jumlah sedikit sekali dapat menghambat atau menekan terjadinya proses oksidasi pada bahan-bahan yang mudah dioksidasi (Chipault, 1962)

Sebagai bahan pangan kedelai telah menempati tempat yang baik, khususnya sebagai makanan tradisional seperti tempe dan tahu. Makanan tersebut telah dikenal dan disukai oleh masyarakat dari berbagai tingkatan ekonomi, namun demikian pengembangan produk masih perlu dilaksanakan terus. Perencanaan peningkatan produksi kedelai hendaknya didukung dengan usaha peningkatan pemasaran dan pemanfaatan kedelai.

Pengembangan teknologi pengolahan kedelai khususnya pengembangan tepung kecambah kedelai sebagai pangan fungsional yang memiliki kandungan nilai gizi yang cukup. Seperti yang kita ketahui bahwa pangan fungsional mempunyai efek positif terhadap status kesehatan karena kandungannya berupa komponen nutritif maupun non-nutritif seperti serat dan antioksidan.

Tepung kedelai dan turunannya merupakan sumber sebagian besar dari antioksidan seperti tokoferol, flavonoid, isoflavon, glikosida serta turunan lainnya sebagai sinergis, phospholipida, asam amino dan peptida (Hudson, 1990).

Ada beberapa senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan telah berhasil diisolasi dari kedelai, salah satunya adalah flavonoid. Flavonoid kedelai adalah unik dimana semua flavonoid yang terisolasi dan teridentifikasi adalah isoflavon (Pratt, 1992). Isoflavon terdapat sebagai glukosida, terdiri dari glicitein 7-O-monoglukosida, genistein, daidzein (Madhavi *et al.*, 1996). Dua dari senyawa isoflavon, yaitu genistein dan daidzein, merupakan isoflavon primer yang ditemukan pada kedelai dan berhubungan pada keuntungannya untuk dikonsumsi.

Bahan baku yang digunakan adalah kecambah kacang kedelai dengan perlakuan perendaman polisakarida (xanthan gum) sebagai elisitor untuk produksi fitoeleksiin. Fitoeleksiin merupakan senyawa turunan dari senyawa fenol yang mempunyai cincin aromatik. Pada penelitian Sukmawati (2003) menyatakan bahwa perendaman kacang kedelai dengan xanthan gum 50 ppm terbukti dapat meningkatkan produksi senyawa fenolik dibandingkan perendaman kacang kedelai dengan air (sebagai kontrol).

Kecambah kedelai yang telah mengandung senyawa isoflavon, berfungsi sebagai antioksidan yang dapat ditepungkan. Menurut Sembiring (1983), pembuatan tepung kecambah kedelai dapat dilakukan dengan jalan mengeringkan kecambah pada suhu 75°C sampai diperoleh derajat kekeringan yang tepat. Kecambah kering kemudian digiling menjadi tepung.

Penemuan dalam teknologi pengeringan dilakukan dengan menggunakan bermacam-macam alat yaitu *drum dryer*, *fluidized bed-dryer* dengan mencari pola waktu dan suhu yang tepat serta efisiensinya dibandingkan dengan *freeze dryer* sebagai kontrol. Penggunaan *freeze dryer* sebagai kontrol dengan maksud untuk mendapatkan alat pengeringan lain yang mengalami perubahan nilai nutrisi rendah setelah atau mendekati hasil pengeringan *freeze dryer*.

Kegunaan dari pengeringan tepung kecambah kedelai sebagai pangan alternatif yang memiliki nilai tambah dalam kandungan nutrisi dan non nutrisi seperti antioksidan.

B. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan tepung kecambah kedelai menggunakan alat pengering yang optimal (*drum dryer* atau *fluidized bed dryer*) dengan *freeze dryer* sebagai kontrol untuk melihat perubahan nilai nutrisi terendah dalam proses pengeringan. Dalam penelitian ini dianalisa peningkatan senyawa fenol dan antioksidan alami lainnya, yaitu vitamin A atau karoten, dan vitamin E yang merupakan antioksidan alami yang banyak terdapat pada kedelai. Analisa pendukungnya adalah gula pereduksi, aktivitas antioksidan dan aktivitas α -amilase.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan tepung kecambah kedelai yang memiliki nilai tambah yaitu mengandung antioksidan alami yang tinggi disamping zat gizi lain. Tepung kecambah ini dapat menjadi salah satu alternatif bahan pangan yang memiliki nilai fungsional tinggi dalam kandungan antioksidan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. KECAMBAH KEDELAI

Nama botani kedelai yang dibudidayakan adalah *Glicine max* (L) Merril. Pertama kali dibudidayakan oleh Chou Dynasty (134-246 SM). Kedelai merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, tumbuh tegak, dan berdaun tebal dengan beragam morfologi.

Apabila biji kedelai ditempatkan pada lingkungan yang lembab maka biji kedelai menyerap air cukup banyak hingga menyebabkan beratnya menjadi dua kali lipat. Biji kedelai kering akan berkecambah bila kadar air cukup. Air tanah dalam keadaan kapasitas lapang baik untuk perkecambahan biji kedelai mudah menurun terutama bila kadar air dalam biji diatas 13% dan disimpan dalam ruangan yang suhunya diatas 25°C serta kelembaban nisbi ruang lebih dari 80%. Bila suhu diatas 40°C maka tidak akan terjadi perkecambahan. Biji kedelai yang disimpan dalam gudang tanpa pendinginan hanya dapat tahan sekitar 2-5 bulan, lebih dari itu sebagian biji tidak mampu tumbuh lagi. Kedelai berbiji kecil lebih tahan simpan daripada yang berbiji besar (Sumarno dan Harnoto, 1983).

Selama proses perkecambahan, beberapa kandungan pati diubah menjadi bagian yang lebih kecil yaitu dalam bentuk gula dan maltosa. Kandungan glukosa dan fruktosa meningkat sepuluh kali lipat, serta kandungan sukrosa meningkat dua kali dan galaktosa menghilang. Molekul protein dipecah menjadi asam-asam amino yaitu lisin 24%, threonin 19% dan fenilalanin 7%. Lemak juga dihidrolisa menjadi asam-asam lemak yang lebih mudah dicerna. Beberapa mineral (Ca dan Fe) yang biasa terikat dilepaskan sehingga menjadi bentuk yang lebih bebas, dengan demikian lebih mudah dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan (Winarno, 1980).

Kecambah mempunyai kandungan vitamin lebih banyak dari bentuk bijinya. Dibandingkan dalam biji, kadar vitamin B meningkat dua sampai tiga kali lebih besar. Kadar vitamin E (tokoferol) juga menjadi 120µg/100g dan

terbentuknya vitamin C pada tauge kedelai. Nilai gizi dalam 100 gram kedelai dan tauge dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Nilai kandungan gizi dalam 100 gram kedelai dan tauge^{a)}

Nilai gizi	Kedelai kuning	Kecambah
Energi (Kal)	400	62
Air (gram)	10.2	81.5
Protein (gram)	35.1	7.7
Lemak (gram)	17.7	1.8
Karbohidrat (gram)	32.0	8.0
Serat (gram)	4.2	0.7
Abu (gram)	4.0	1.0
Kalsium (mg)	226	52
Fe (mg)	8.5	1.1
Karoten (mcg)	10	25
Vitamin B1 (mg)	0.66	0.19
Vitamin B2 (mg)	0.22	0.15
Niacin (mg)	2.2	0.8
Vitamin C (mg)	0.0	10
Vitamin E (µg/gram minyak kedelai) ^{b)}		120

^{a)} Lamina, 1989

^{b)} Taylor dan Barnes (1980) dikutip oleh Ball (1988)

Menurut Sukmawati (2003) pembuatan kecambah yang digunakan dengan merendam kacang kedelai menggunakan polisakarida yaitu xanthan gum (50 ppm) selama 24 jam untuk produksi antioksidan. Xanthan gum merupakan polisakarida yang dihasilkan oleh bakteri *Xanthomonas Campestris* (Jeanes *et al.*, 1996 yang dikutip oleh Fardiaz, 1989). Perendaman ini dimaksudkan agar tanaman memproduksi fitoeleksin. Fitoeleksin adalah komponen antimikroba yang diproduksi oleh tanaman sebagai respon akibat serangan oleh patogen dan merupakan senyawa turunan dari senyawa fenol yang mempunyai cincin aromatik. Xanthan gum disebut sebagai elisitor karena merupakan senyawa yang menyebabkan diproduksinya fitoeleksin.

B. ANTIOKSIDAN ALAMI

Antioksidan menurut Halliwell dan Gutteridge (1992) adalah zat yang dalam konsentrasi kecil dapat mencegah atau memperlambat oksidasi radikal

bebas. Menurut Schuler (1990) antioksidan merupakan zat yang mampu mencegah atau memperlambat proses oksidasi sedangkan Halliwell *et al.* (1995) antioksidan adalah zat yang dalam konsentrasi lebih rendah dari zat yang mudah teroksidasi mampu memperlambat atau menghambat oksidasi zat tersebut. Sebaliknya pada konsentrasi tinggi zat antioksidan bersifat prooksidan atau meningkatkan oksidasi (Cillard dan Cormier, 1980). Krinsky (1992) berpendapat bahwa antioksidan biologis adalah zat yang mampu melindungi sistem biologis dari kerusakan akibat oksidasi.

Menurut Madhavi *et al.*, (1996), antioksidan dibagi menjadi dua golongan yaitu antioksidan primer (*primary or chain breaking*) dan antioksidan sekunder (*secondary or preventive*). Antioksidan primer adalah zat yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Bila terdapat dalam jumlah kecil (*trace amount*), dapat bereaksi dengan radikal peroksil sebelum bereaksi lebih lanjut dengan molekul lemak tidak jenuh dan merubahnya menjadi produk yang lebih stabil. Antioksidan primer dapat berasal dari alam maupun sintetik.

Berdasarkan interaksinya ada 2 jenis antioksidan yaitu antioksidan enzim dan non enzim. Contoh antioksidan enzim adalah Superoksida Dismutase (SOD), enzim katalase, Selenium Glutation Peroksidase (SE-GSH-Px) dan Pospolipid Hidroperoksida Glutation Peroksidase (PLOOH-GSH-Px). Contoh antioksidan non enzim adalah α -tokoferol, beta karoten, dan vitamin C.

Menurut Ghiselli *et al.* (1995), antioksidan plasma dibagi menjadi 2 yaitu primer dan sekunder. Antioksidan primer meliputi seruloplasmin dan transperin yang berfungsi mereduksi kecepatan inisiasi peroksidasi lipid yang mengikat ion Fe^{2+} . Antioksidan sekunder meliputi α -tokoferol, β -karoten dan asam askorbat. Alpha tokoferol berfungsi dalam mereduksi rantai propagasi, β -karoten berfungsi menetralkan singlet oksigen dan asam askorbat berfungsi dalam menetralkan radikal oksidan dan meregenerasi antioksidan teroksidasi seperti α -tokoferol. Menurut Kochhar dan Rossel (1990), sebagian besar antioksidan yang ditemukan pada vitamin E dan C dan karotenoid adalah komponen fenolik/polifenolik. Sebagaimana umumnya senyawa fenolik dapat menangkal radikal bebas.

Senyawa fenol dapat berfungsi sebagai antioksidan primer karena mampu menghentikan reaksi radikal bebas pada oksidasi.

Senyawa antioksidan mempunyai sifat ketahanan yang berbeda-beda. Menurut Francis (1985), asam askorbat, karotenoid (terutama β -karoten dan tokoferol) tidak tahan panas, udara dan oksidasi sedangkan senyawa golongan flavonoid dan tanin relatif tahan terhadap panas. Antioksidan dapat terlibat pada proses oksidasi melalui reaksinya dengan radikal bebas, mengkelat katalis logam dan dapat juga sebagai pemerangkap 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 tetapi hanya beberapa komponen fenolik yang diijinkan sebagai antioksidan pada makanan (Gordon, 1990).

Senyawaan fenol mencakup sejumlah senyawa yang umumnya mempunyai sebuah cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil. Senyawaan fenol cenderung larut air karena terdapat dalam bentuk glukosida dan biasanya terdapat dalam rongga sel. Flavonoid adalah senyawaan fenol alami yang telah diketahui lebih dari seribu struktur dan merupakan golongan terbesar yang ada di alam. Akan tetapi, fenol monosiklik sederhana, fenil propanoid dan kuinon fenol penting sebagai lignin, melanin dan tanin adalah polifenol. Unit-unit fenol sering pula terikat pada protein, alkaloid dan terpenoid (Surahadikusumah, 1989).

Antioksidan yang aman harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : dapat larut dalam lemak, tidak menyimpangkan warna, odor, flavor pada lemak walaupun dalam penyimpanan yang lama, dapat efektif minimal 1 tahun pada suhu 25-30°C, stabil pada pemanasan dan produk akhir, efektif walaupun dalam konsentrasi rendah (Madhavi *et al.*, 1996).

C. PENGERINGAN

Pengeringan adalah operasi rumit yang meliputi perpindahan panas dan massa secara transien serta beberapa laju proses, seperti transformasi fisik atau kimia, yang pada gilirannya dapat menyebabkan perubahan mutu hasil maupun mekanisme perpindahan panas dan massa (Mujumdar, 1995). Perubahan fase dan pembentukan fase padat sebagai hasil akhir adalah ciri penting proses

pengeringan. Istilah lain dari pengeringan yaitu perpindahan sejumlah kecil air dari padatan yang mendekati padatan. Dalam proses pengeringan, air dapat dipindahkan melalui sirkulasi udara dan oleh gas yang lewat diatas bahan yang kemudian membawa serta uap yang dihasilkan (Badger dan Banchemo, 1988). Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan .

Kegunaan dari pengeringan pada kecambah adalah mengurangi kehilangan yang terlalu banyak, mempermudah rencana panen selanjutnya, memperpanjang masa simpan, meningkatkan harga jual, mempertahankan daya viabilitas dari benih, menghasilkan kualitas produk yang lebih baik, dan memanfaatkan produk sekunder.

Pengeringan terjadi melalui penguapan cairan dengan pemberian panas ke bahan pangan basah. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, panas dapat disediakan melalui konveksi (pengering langsung), konduksi (pengering sentuh atau tak langsung), radiasi atau secara volumetrik dengan menempatkan bahan basah tersebut dalam medan elektromagnetik gelombang mikro atau frekuensi radio.

Pengeringan berbagai bahan pangan diperlukan berdasarkan salah satu atau beberapa alasan yaitu : kebutuhan untuk mempermudah penanganan padatan yang dapat mengalir bebas, pengawetan dan penyimpanan, pengurangan biaya transportasi, untuk mendapatkan mutu hasil yang diinginkan, dan lain-lain. Dalam beberapa proses, pengeringan yang tidak tepat dapat mengakibatkan kerusakan mutu hasil yang tidak mungkin diperbaiki sehingga tidak dapat dijual.

Pemilihan mesin pengering sejak lama dilakukan sebagai suatu seni daripada sebagai ilmu, serta lebih tergantung pada pengalaman sebelumnya dan rekomendasi penjual. Dengan semakin berkembang, menyebar dan rumitnya teknologi pengeringan, pemilihan mesin pengering menjadi semakin sulit dan memberatkan bagi mereka yang bukan pakar dan tidak paham akan jenis-jenis peralatan serta keuntungan dan kerugiannya.

Baker (1997) mengajukan suatu "pendekatan struktural" untuk pemilihan mesin pengering, yang bersifat runtun, mencakup langkah-langkah berikut : pencatatan seluruh spesifikasi proses kunci, melakukan pemilihan pendahuluan,

melakukan pengujian pada skala tandar termasuk pengujian mutu, melakukan kajian ekonomi terhadap berbagai kemungkinan, melakukan percobaan pada skala bangsal percontohan dan memilih jenis pengering yang paling tepat.

Setiap jenis mesin pengering mempunyai karakteristik khusus, yang membuatnya tepat atau tidak tepat untuk penerapan tertentu. Jenis tertentu adalah mahal secara alamiah (misal, *freeze dryer*) sementara lainnya secara alamiah lebih efisien (misal, pengering tak langsung atau konduktif).

Informasi kuantitatif berikut, sekurang-kurangnya perlu dalam menentukan mesin pengering yang sesuai : kapasitas mesin pengering, sifat kimia, fisik dan biokimia umpan basah serta spesifikasi hasil yang diinginkan, keragaman karakteristik umpan yang diharapkan, kadar air bahan umpan dan hasil pengeringan, kinetika pengeringan, parameter mutu, aspek keamanan, nilai produk, kebutuhan akan kendali otomatis, sifat keracunan produk, rasio pengembalian modal, jenis dan biaya bahan bakar, biaya listrik, peraturan lingkungan dan ruang dalam pabrik.

D. ALAT PENDINGINAN

1. *Freeze dryer*

Produk pangan yang terlalu sensitif terhadap panas sering menggunakan alat ini. Dalam pendinginan beku ini, produk dibekukan, kemudian solvent yang beku dipindahkan dengan sublimasi dalam kondisi vakum. Es yang menyublim didorong keluar dari vakum chamber oleh pompa vakum atau steam jet ejetor. Panas dari sublimasi disuplai dari konduksi atau radiasi. Air beku menyublim pada temperatur 0°C atau tekanan rendah dibawah 627 Pa atau kurang.

Telah diketahui bahwa pendinginan beku memiliki kualitas produk pangan tertinggi. Hal ini disebabkan karena struktur pangan tidak mengalami kerusakan berarti dibandingkan proses pendinginan lainnya. Pendinginan beku pangan mudah rehidrasi. Sedikit atau tidak adanya kehilangan flavor dan aroma terjadi selama pendinginan berlangsung. Kualitas produk tetap tinggi karena menggunakan suhu pendinginan yang rendah yang tidak baik

untuk proses degradasi yang biasa terjadi seperti pencoklatan nonenzimatis, kehilangan nilai protein serta reaksi enzimatik lainnya (Heldman, 1992).

Pada umumnya, *freeze dryer* menghasilkan produk bermutu paling tinggi dibandingkan dengan teknik dehidrasi lain. Produk yang berpori dan mempunyai struktur yang tidak mengkerut memungkinkan rehidrasi yang sangat cepat. Retensi flavor juga tinggi akibat pengoperasian pada suhu rendah (-40°C). Daya hidup dan rekonsitusi sel-sel hidup seperti bakteri, khamir dan virus yang dikeringbekukan tetap tinggi.

Alat pengering ini mengeringkan dengan dua tahap, pertama dengan sublimasi mendekati 15% kadar air (*wet-weight basis*) dan kemudian evaporasi pengeringan dari air yang tidak beku mendekati 2% kadar air (*wet-weight basis*) (Fellows, 1992). Pengering beku digunakan sebagai kontrol untuk perubahan nutrisi terendah dari hasil germinasi kecambah kedelai.

Kelebihan pengering beku dibandingkan alat pengering lainnya adalah berguna untuk ragam pangan, temperatur dibawah *freezing point*, menggunakan tekanan rendah (27-133 Pa), perubahan solut minimal, perubahan struktur normal, warna tetap normal dan tidak ada kerusakan nutrisi yang berarti sedangkan kelemahannya adalah biaya pemakaian alat mahal, empat kali lebih mahal dari pengeringan lainnya (Fellows, 1992).

2. *Drum dryer*

Pengering ini digunakan untuk bubur atau larutan. Prinsip pengoperasiannya adalah drum berputar pada sumbu horizontal dan dipanaskan secara internal dengan uap air atau media pemanas lain (Brennan, 1974). Produk yang akan dikeringkan dimasukkan melalui bagian atas drum sehingga terbentuk lapisan yang tipis. Pengeringan dilakukan dalam udara terbuka atau dalam keadaan hampa udara. Produk yang kering dilepaskan dari permukaan drum dengan pisau pengikis. Selanjutnya digiling menjadi bubuk halus (Desrosier, 1988).

Tipe *drum dryer* yang digunakan adalah *double drum dryer*, dimana ketebalan dari produk pangan ditentukan oleh jarak diantara kedua drum. Produk dikeringkan dengan drum yang berputar dan kemudian dikikis oleh

pisau. Tipe ini menguntungkan karena dapat digunakan untuk macam-macam produk, mempunyai produktivitas tinggi dan memerlukan tenaga kerja dengan persyaratan seadanya. Material dapat dari larutan cair hingga pasta kental dapat efektif menggunakan alat tipe ini (Heldman, 1992).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan dan kandungan uap air akhir dari partikel-partikel produk pada : kecepatan putaran drum, tekanan uap air atau temperatur media pemanas dan ketebalan lapisan produk (Brennan, 1974). Kelebihan dari *drum dryer* adalah laju pemanasan tinggi, penggunaan energi efisien serta penggunaan cukup ekonomis serta kelemahannya adalah hanya berguna untuk produk berupa cairan atau bubur yang memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi dalam waktu singkat (kurang dari 2-30 detik) (Fellows, 1992).

Produk yang akan dikeringkan dilepaskan dari permukaan drum telah mencapai dua pertiga atau tiga perempat sejak bahan pertama kali dimasukkan ke dalam pertemuan dua permukaan drum. Produk kering tersebut kemudian digiling menjadi bubuk yang halus (Desrosier, 1988). Pengering drum sangat fleksibel dalam operasi dan mewakili satu tipe peralatan proses dimana semua variabel dapat diubah secara mandiri. Variabel yang terlibat dalam operasi pengering drum yaitu : tekanan uap atau suhu medium pemanas yang mengatur suhu permukaan drum, kecepatan putar yang menentukan waktu kontak antara film dan permukaan yang panas, jarak antara drum yang akan menentukan ketebalan film yang terbentuk, kondisi bahan misalnya konsentrasi, karakteristik fisik dan suhu larutan yang dikeringkan (Moore, 1995).

3. *Fluidized-bed dryer*

Prinsip dasar dari penggunaan pengering ini adalah udara panas yang dipaksa mengalir melewati bed padat dibawah kondisi dimana padatan tersebut tersuspensi diudara. Pengering dapat dioperasikan dibawah suplai tekanan panas atau tekanan oleh pengaturan fan yang tepat. Pengering ini terbatas untuk partikel yang mampu melayang (Brennan, 1974).

Tipe pengering ini lebih baik mempertimbangkan operasi dua tahap yang dapat berupa pengering jenis yang sama (misalnya *fluidized-bed*) atau yang berbeda jika ingin mengeluarkan kadar air permukaan dan kadar air internal dari bahan pangan yang akan dikeringkan. Keuntungan mendasar sistem yang demikian adalah kadar air permukaan dapat dipindahkan secara cepat menggunakan pengering atau kondisi yang sesuai untuk pemindahan cepat kadar air (misalnya, menggunakan gas berkecepatan atau bersuhu tinggi) dan menggunakan pengering lain yang mengijinkan waktu tinggal lebih lama atau kondisi pengeringan yang lebih ringan sebagai tahap kedua.

Fluidized-bed dryer banyak digunakan untuk pengeringan bahan berbentuk partikel atau butiran, baik untuk industri kimia, pangan, keramik, farmasi, pertanian, polimer dan limbah. Sekarang ini *fluidized-bed dryer* juga diterapkan untuk pengeringan bahan berbentuk bubuk. Bentuk-bentuk seperti larutan, suspensi, pasta encer dalam *fluidized-bed* menjadi partikel inert dan bubuk kering yang dipisahkan dari udara buang. Untuk pengeringan bubuk (antara $50\mu\text{m}$ hingga $2000\mu\text{m}$), *fluidized-bed dryer* terbukti lebih baik dibandingkan dengan jenis lain, seperti rotari, terowongan, konveyor, atau rak berjalan.

Beberapa keuntungan *fluidized-bed dryer* diantaranya adalah : laju pengeringan tinggi, karena persentuhan antara partikel dan gas yang terjadi sangat baik yang menyebabkan tingginya laju pindah panas dan massa, luas permukaan aliran lebih kecil, efisiensi panas tinggi, terutama jika bagian energi panas untuk pengeringan diberikan dengan penukar panas internal, biaya investasi dan pemeliharaan lebih rendah dibandingkan dengan pengering rotari, mudah dikendalikan.

Alat pengering ini juga memiliki kelemahan, yaitu : penggunaan tenaga yang tinggi karena dibutuhkan untuk mengangkat bed ke dalam fase gas yang mengakibatkan tingginya tekanan jatuh, peningkatan kebutuhan untuk penanganan gas karena diperlukan sistem pendaurlang gas buang untuk menghasilkan operasi berefisiensi tinggi yang dapat menyebabkan keausan bila tidak segera ditangani (terutama karena kasus granulasi atau aglomerasi), fleksibilitas rendah dan potensi defluidisasi jika bahan pangan

terlalu basah, serta pada umumnya tidak dianjurkan jika pelarut organik harus dikeluarkan pada saat pengeringan.

Menurut Fellows (1992), udara panas ditiup melewati bed menyebabkan pangan itu tersuspensi dan teragitasi. Udara itu sendiri bertindak sebagai pengering dan medium pengembangan, dan permukaan yang maksimum menyebabkan pangan itu dapat dikeringkan dengan baik. *Fluidized-bed dryer* mempunyai kontrol baik pada kondisi pengeringan dengan efisiensi panas yang tinggi. Penggunaan pengering ini terbatas untuk partikel pangan tertentu yang mampu untuk diambangkan tanpa menyebabkan kerusakan mekanis yang berlebihan.

Karakteristik bahan pangan yang sesuai untuk tipe pengeringan ini adalah yang memiliki rataan partikel berkisar antara $20\mu\text{m}$ - 10mm ; sebaran ukuran partikel harus berdekatan untuk memastikan bahwa mayoritas partikel fluidisasi dan hanya beberapa yang hilang karena terperangkap dalam udara ; untuk fluidisasi yang baik, khususnya partikel besar, bentuk partikel sebaiknya *spherical* (Hovmand, 1987 dalam Heldman, 1992).

Tabel 2. Perbandingan antara alat pengering yang digunakan

Kriteria	<i>Drum dryer</i>	<i>Fluidized bed</i>
Ukuran partikel	Kisaran besar	$100\text{-}2000\mu\text{m}$
Distribusi ukuran partikel	Fleksibel	Distirbusi ukuran terbatas
Waktu pengeringan (perkiraan)	Mencapai 60 menit	Mencapai 60 menit
Luas lantai	Besar	Kecil
Keausan	Tinggi	Tinggi
Kebutuhan daya	Tinggi	Sedang
Pemeliharaan	Tinggi	Sedang
Efisiensi energi	Sedang	Tinggi
Kemudahan pengendalian	Rendah	Tinggi
Kapasitas	Tinggi	Sedang

a) Mujumdar, 1995

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 bulk sedangkan sifat fungsional tepung terdiri atas sifat rekonstitusi, *flowability*, *hygroscopicity*, *caking*, dan *thermostability*. Sifat negatif tepung berkaitan dengan indeks kelarutan, partikel yang hangus, lemak bebas, bintik-bintik dan derajat putih, serta kehalusan partikel.

Pada penelitian ini akan diamati beberapa sifat fisik tepung kecambah yang meliputi derajat putih, sudut repos, struktur mikroskopis, ukuran partikel, viskositas, densitas, *wettability*, *solubility*, dan *dispersibility* sedangkan menurut Peleg (1983), produk pangan berbentuk tepung mempunyai tiga sifat fisik penting yaitu densitas curah, sifat *free flowing* atau mudah mengalir dan ukuran partikel.

Dibawah ini adalah pengertian sifat dasar dan fungsional dari beberapa karakteristik tepung yang perlu diketahui terlebih dahulu. Sifat dasar yang perlu dimengerti terlebih dahulu adalah densitas yang meliputi densitas kamba dan pemadatan sedangkan beberapa pengertian sifat fungsional tepung yang perlu diketahui adalah sudut repos, *wettability*, *solubility* dan *dispersibility*.

1. Densitas

Densitas digunakan sebagai parameter *flowability* dari tepung, digunakan dua cara yaitu mengukur densitas kamba dan densitas pematannya.

a. Densitas kamba

Densitas kamba (*loose bulk density*) merupakan perbandingan antara berat bahan dengan volume ruang yang ditempati dan dinyatakan dengan satuan kg/m^3 . Nilai kerapatan tumpukan menunjukkan porositas dari bahan, yaitu jumlah rongga udara yang terdapat di antara partikel-partikel bahan. Kerapatan tumpukan dan sudut tumpukan penting diketahui dalam merencanakan suatu gudang penyimpanan, volume alat

pengolahan atau sarana transportasi, juga mengkonversi harga satuan (Syarief dan Irawati, 1988).

b. Densitas pemadatan

Densitas pemadatan (*compacted bulk density*) adalah perbandingan antara berat bahan terhadap volume yang ditempati setelah melalui proses pemadatan seperti penggoyangan (Khalil, 1999 a). Kapasitas silo, kontainer, serta kemasan seperti karung dipengaruhi oleh besarnya nilai kerapatan pemadatan tumpukan. Dengan mengetahui nilai kerapatan pemadatan tumpukan bermanfaat pada saat pengisian bahan ke dalam wadah yang diam tetapi bergetar. Densitas pemadatan dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran partikel bahan (Gautama, 1998).

2. Sudut Repos (*Angle of repose*)

Sudut repos merupakan bagian dari sifat fungsional tepung. Sudut repos adalah sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan tumpukan bahan yang dicurahkan (Peleg dalam Peleg dan Bagley, 1983). Sudut tumpukan merupakan salah satu kriteria kebebasan bergerak (*moving*) dari suatu partikel, dimana semakin bebas suatu partikel bergerak maka sudut tumpukan yang akan terbentuk juga semakin kecil. Sudut tumpukan mempengaruhi kecepatan dan efisiensi proses pengosongan silo secara vertikal pada saat memindahkan bahan menuju unit penimbangan atau pada saat pencampuran bahan (Williams, 1991).

Tabel 3. Hubungan Kohesivitas dengan sudut tumpukan

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

a) Carr (1976)

Sudut tumpukan erat hubungannya dengan gaya kohesi partikel bahan yaitu 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 tumpukan menjadi besar (Carr, 1976).

3. *Wettability*

Wettability adalah kemampuan tepung untuk menyerap air pada permukaannya, yaitu merupakan awal dari proses rekonstitusi tepung. Tepung dengan ruang interpartikulat yang sangat kecil, ukuran kurang dari 100 μ m, berstruktur padat, dan mengandung lemak bebas akan sulit dibasahkan. Aglomerasi sampai dengan ukuran 200 μ m akan meningkatkan *wettability*, karena air mampu memasuki rongga-rongga dan membasahi partikel.

Wettability juga menjelaskan kemampuan dari partikel tepung untuk menyerap air pada permukaannya dan sangat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya. Partikel kecil, mewakili luas permukaan yang besar, ratio massa, tidak secara individual dicelupkan tetapi bersamaan membentuk lapisan permukaan yang basah. Ukuran partikel yang dinaikkan juga mempengaruhi *wettability*. Agen aktif permukaan yang selektif seperti lechitin dapat meningkatkan *wettability* dalam tepung kering yang mengandung lemak (Brennan, 1974).

4. *Solubility*

Solubility adalah jumlah padatan terlarut yang terdapat pada tepung. Padatan tidak terlarut dipisahkan melalui proses sentrifugasi dan atau pengeringan. Indeks *solubility* (dalam ml) setelah sentrifugasi dinyatakan sebagai nilai relatif.

Solubility juga menjelaskan nilai dan ekstistensi dimana komponen partikel tepung larut dalam air. Hal ini tergantung pada komposisi kimia dari tepung dan karakteristik fisiknya seperti tingkatan dan tipe dari kristalisasinya (Brennan, 1974).

5. *Dispersibility*

Dispersibility adalah kemampuan tepung untuk didistribusikan dalam air, yaitu kemampuan gumpalan aglomerat untuk jatuh dan menyebar dalam air. *Dispersibility* menjelaskan basis dimana tepung terdistribusikan sebagai satu partikel pada permukaan. *Dispersibility* dapat dikurangi karena adanya formasi *clump* dan ini menunjukkan bahwa daya tenggelamnya tinggi (Brennan, 1974).

III. METODE PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan untuk memproduksi tepung kecambah dalam penelitian ini adalah biji kacang kedelai kualitas super yang diperoleh dari Balitkabi, Malang, xanthan gum 50 ppm, dan kertas merang. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis antara lain etanol 95%, air bebas ion, folin ciocalteau 50%, Na_2CO_3 5%, aquades, pati 1%, buffer sitrat 5.7, pereaksi DNS, pereaksi Bradford, BSA, maltosa standar, toluen, 2,2'-bipiridin, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kloroform, metanol, NaCl 0.88%, gas N_2 , heksan, minyak kedelai murni, BHT, tween-80, pereaksi Shaffer Somogyi, H_2SO_4 2N, Iodida oksalat, Na tiosulfat 0.05N, Pb aasetat jenuh, Na oksalat, dan kertas saring.

Alat-alat yang digunakan untuk memproduksi tepung kecambah dalam penelitian ini adalah nyiru, ember, kain belacu, *freezer*, *grinder*, *freeze dryer*, *drum dryer*, *fluidized bed dryer*, *Willey Mill*, dan ayakan 60 mesh. Alat-alat untuk kimia dan fisik antara lain neraca analitik, vorteks, sentrifuse, spektrofotometer, *shaker*, penangas air, *hot plate*, *stirer*, alat rancimat, seperangkat alat gelas, oven, *stop watch*, mikroskop, dan *whitenessmeter*.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan percobaan di laboratorium. Penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap penentuan produktivitas fenolik selama germinasi kacang tunggak dan tahap pengeringan kecambah kacang tunggak.

1. Penelitian Tahap I : Waktu Germinasi Optimum

Pada tahap ini dilakukan penentuan waktu germinasi yang paling optimal untuk memperoleh kecambah kacang tunggak dengan produktivitas

fenolik yang maksimal. Skema prosedur kerja penelitian tahap ini terlihat pada Gambar 1.

Analisis kimia dilakukan terhadap kecambah kedelai kering beku. Analisis meliputi penetapan total fenol dan kadar vitamin E. Selain itu juga rendemen kecambah kedelai.

2. Penelitian Tahap II : Pengaruh Proses Pengeringan untuk Produksi Tepung Kecambah Kedelai

Pada tahap ini dilakukan penentuan pengaruh proses pengeringan (*trial and error*) kecambah dengan waktu germinasi optimum 36 jam untuk menghasilkan tepung yang bagus secara visual. Kecambah basah kita keringkan dengan *freeze dryer*, *fluidized-bed dryer* dan *drum dryer*. Setelah itu dilakukan perhitungan rendemen ketiga alat pengering untuk penentuan efisiensi alat pengering. Skema prosedur kerja penelitian tahap ini terlihat pada Gambar 2.

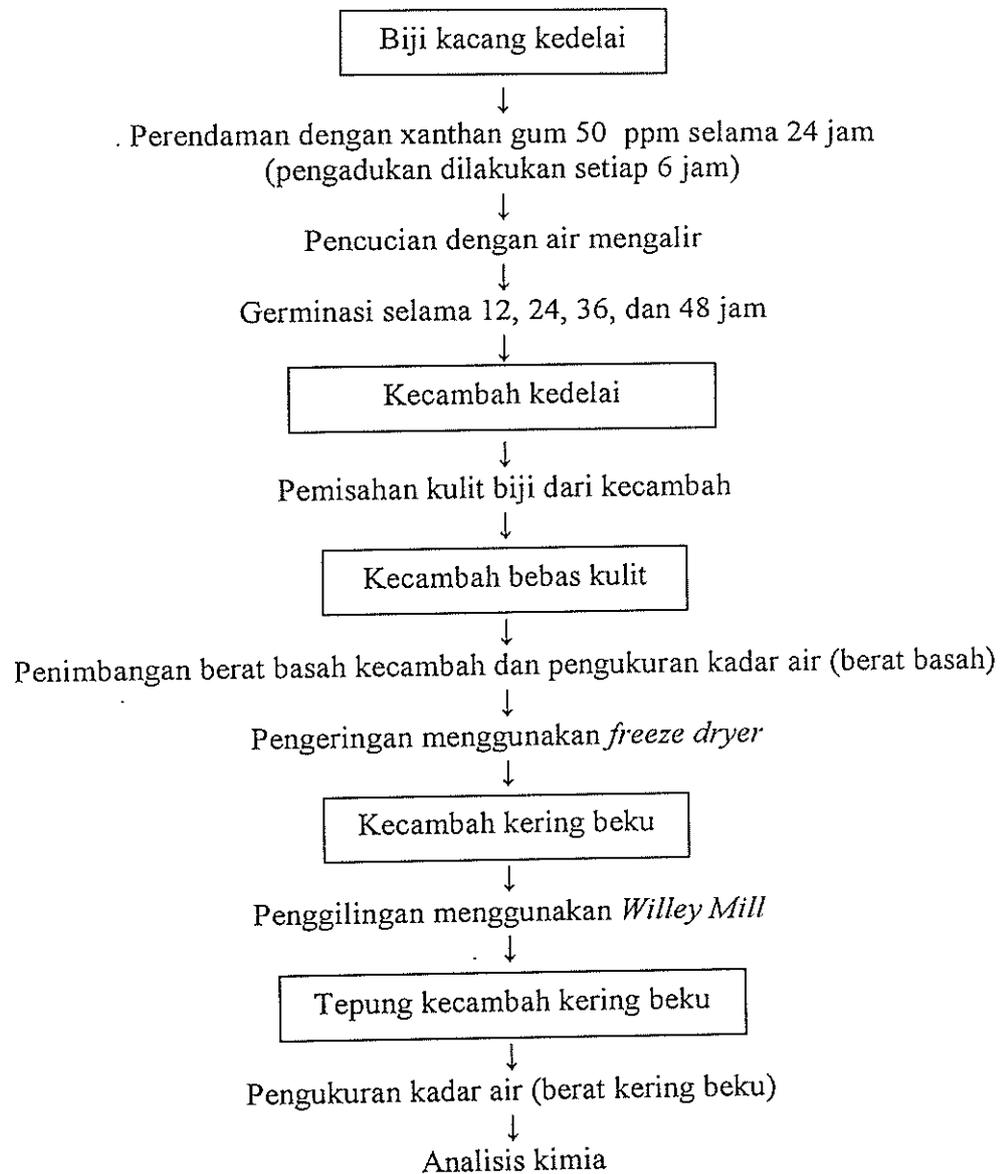
3. Penelitian Tahap III : Analisis Sifat Fisik-Fungsional Tepung Kecambah Kedelai

Pada tahap ini dilakukan penentuan alat pengering yang optimal untuk produksi antioksidan dari tepung kecambah kedelai dengan sifat fungsional yang mendekati *freeze dryer* sebagai kontrol. Analisis tepung kecambah meliputi analisis sifat fisik yaitu derajat putih, sudut repos, struktur mikroskopis, ukuran partikel, viskositas, dan densitas, sifat fisik-fungsional yaitu *wettability*, *solubility*, *dispersibility*,

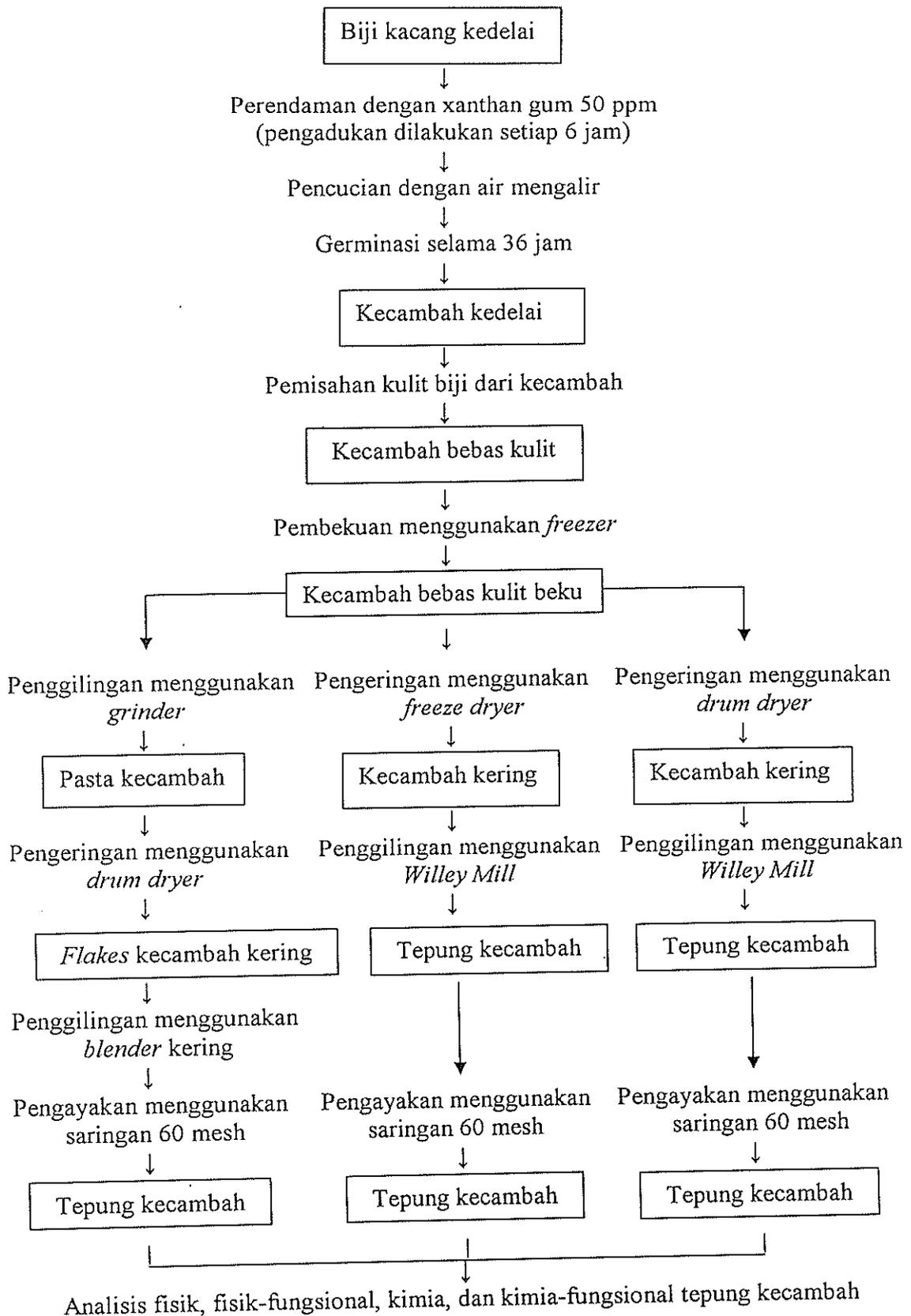
4. Penelitian Tahap IV : Analisis Sifat Kimia-Fungsional Tepung Kecambah Kedelai

Pada tahap ini dilakukan penentuan alat pengering yang optimal untuk produksi antioksidan dari tepung kecambah kedelai dengan kandungan kimia-fungsional yang mendekati *freeze dryer* sebagai kontrol. Analisa yang dilakukan adalah pengukuran kadar air, total fenol, kadar vitamin E, kadar

gula pereduksi, dan total karoten, serta sifat kimia-fungsional yaitu aktivitas antioksidan dan aktivitas α -amilase.



Gambar 1. Diagram alir produksi kecambah untuk penentuan produktivitas fenolik selama germinasi kacang kedelai



Gambar 2 Diagram alir produksi tepung kecambah



C. PROSEDUR ANALISIS

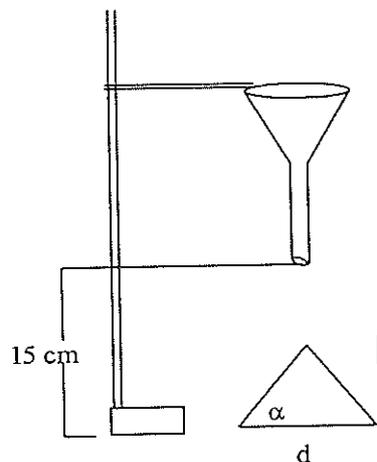
1. Derajat Putih (Balmaceda *et al.*, 1984)

Penentuan derajat putih tepung kecambah kedelai 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%

2. Sudut repos (Khalil, 1999^b)

Sudut repos diukur dengan cara menjatuhkan tepung pada ketinggian tertentu (15 cm) melalui corong pada bidang datar. Kertas putih digunakan sebagai alas bidang datar. Ketinggian harus selalu di bawah lubang corong. Untuk mengurangi pengaruh tekanan dan kecepatan laju aliran bahan, maka pengukuran dilakukan dengan volume tertentu (100 ml) serta dicurahkan perlahan pada dinding corong dengan bantuan sudip pada posisi corong yang tetap sehingga diusahakan jatuhnya tepung selalu konstan. Pengukuran diameter dilakukan pada sisi yang sama pada setiap pengukuran. Sudut repos ditentukan dengan mengukur diameter (d) dan tinggi tumpukan (t), dan dihitung sebagai :

$$\text{Sudut repos} = \arctan \frac{2t}{d}$$



Gambar 3. Pengukuran sudut repos

3. Ukuran Partikel

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

4. Viskositas

Viskositas suspensi tepung kecambah diukur menggunakan alat RotoviscoTM RV20. Sampel sebanyak 1.5 g dimasukkan ke dalam botol gelas yang volumenya 100 ml, ditambah dengan 15 ml aquades, diaduk, dimasukkan ke dalam silinder Rotovisco, dan kemudian dipasang pada alat. Alat dioperasikan pada suhu 25°C, *shear rate* 60.00/s, selama 3.00 menit. Viskositas dihitung dengan rumus :

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

Di mana ; η : viskositas
 τ : *shear stress* (Pa)
 D : *shear rate* (1/s)

5. Densitas

a. Densitas Kamba (Khalil, 1999^a)

Densitas kamba diukur dengan cara memasukkan tepung ke dalam gelas ukur sampai volume tertentu tanpa dipadatkan, kemudian berat tepung ditimbang. Densitas kamba dihitung dengan cara membagi berat tepung dengan volume ruang yang ditempati. Densitas kamba dinyatakan dengan satuan kg/m³ atau g/ml.

b. Densitas Pemadatan (Khalil, 1999^a)

Densitas pemadatan diukur dengan cara memasukkan tepung ke dalam gelas ukur dan dipadatkan sampai volumenya konstan, kemudian berat tepung ditimbang. Densitas padat dihitung dengan cara membagi

berat tepung dengan volume ruang yang ditempati. Densitas padat dinyatakan dengan satuan kg/m^3 atau g/ml .

6. *Wettability* (Bhandari, 2000)

Wettability dihitung dengan cara membasahi 10 g tepung kecambah kacang tunggak ke dalam 100 ml air yang bersuhu 20°C atau suhu kamar. Waktu yang dibutuhkan untuk membasahi tepung dihitung sejak tepung dimasukkan ke dalam air, dan dinyatakan dalam satuan detik.

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

Sejumlah tepung yang telah diketahui beratnya 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 :

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

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)

8. *Dispersibility* (Bhandari, 2000)

Dispersibility diukur dengan cara melarutkan dan mengaduk 10 g tepung ke dalam 100 ml air bersuhu 20°C Setelah itu larutan disaring menggunakan saringan $150 \mu\text{m}$. Filtrat kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator selama 15

menit dan ditimbang. *Dispersibility* dihitung sebagai persentasi fase terlarut dalam aquades.

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

9. Kadar air (Apriyantono *et al.*, 1989)

Mula-mula cawan kosong dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Sebanyak 0.5-1 g tepung kecambah dimasukkan dalam cawan yang telah ditimbang dan selanjutnya dikeringkan dalam oven bersuhu 100-105°C selama 6 jam. Cawan yang telah berisi contoh tersebut dipindahkan ke desikator, didinginkan dan ditimbang. Pengeringan dilakukan kembali sampai diperoleh berat konstan. Kadar air dihitung berdasarkan kehilangan berat yaitu selisih berat awal dikurangi berat akhir.

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{berat awal contoh} - \text{berat akhir contoh})}{\text{berat awal contoh}} \times 100\%$$

10. Total Fenol Metode Chandler dan Dodds yang Dimodifikasi (Shetty *et al.*, 1995 yang dikutip oleh Andarwulan dan Shetty, 1999)

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. Supernatannya 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 ciocalteau 50%, didiamkan selama 5 menit, dan ditambahkan 0.5 ml Na₂CO₃ 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.

11. Total Tokoferol Metode Emmeric-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 distirrer 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 dihembus dengan N₂ hingga berat ekstrak tetap.

Analisis kadar vitamin E dilakukan dengan menimbang ekstrak minyak sebanyak 200 ± 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 FeCl₃.6H₂O (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 µg α-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 2). Konsentrasi tokoferol dalam tepung kecambah dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Total tokoferol (ppm)} = \frac{A (\text{sampel}) - A (\text{blanko})}{M \times \text{berat tepung kecambah}}$$

Di mana M = gradien pada kurva standar

12. Total Karoten

Tepung sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml dan ditambah dengan heksan sampai tanda tera. Setelah itu larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 450 nm. Total karoten dinyatakan dalam satuan ppm.

$$\text{Total karoten} = \frac{A_{450} \times 10 \times \text{faktor pengenceran} \times 100}{2500 \times W_{\text{sampel}}}$$

13. Aktivitas Antioksidan (Rancimat)

Pada metode ini 10 ml minyak kedelai murni ditambah dengan 200 ppm ekstrak fenol sampel dan 3 ml tween-80. Campuran tersebut diaduk menggunakan stirer, lalu diambil 3 g, dimasukkan ke dalam tabung reaksi untuk dianalisa menggunakan alat rancimat pada suhu 100 °C. Metode ini menggunakan kontrol minyak kedelai murni serta campuran 200 ppm BHT dalam minyak kedelai murni.

Besarnya aktivitas antioksidan dapat diketahui dari besarnya penghambatan terhadap pembentukan senyawa oksidan yang disebabkan oleh panas dan aerasi pada minyak kedelai murni. Aktivitas antioksidan dinyatakan sebagai Periode Induksi, yaitu waktu oksidasi di mana diperoleh kenaikan kurva secara tiba-tiba.

14. Total 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 didapat diukur pH-nya, jika asam maka ditambah CaCO_3 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 H₂SO₄ 2 N, tidak perlu diaduk, cukup digoyang 2 kali untuk meyakinkan cuprus oksida sudah larut semua. Kemudian dititrasi dengan larutan Na-tiosulfat 0.05 N dan sebelumnya ditambah 2 tetes indikator pati 1%. Kadar gula pereduksi ditentukan dengan rumus :

$$\text{mg dekstrosa} = 1,0099 \times (\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.05 N bersih}) + 0.048$$

$$\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.05 N bersih} = \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 0.05 N (blanko-sampel)}$$

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

15. Aktivitas α -Amilase

Enzim yang terdapat dalam sampel diekstrak dengan melarutkan sampel dalam aquades kemudian diaduk dan dikocok menggunakan *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 aktivitas enzim α -amilase.

Sebanyak 1 ml cairan enzim α -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 preaksi DNS menggunakan prosedur seperti di atas. Persamaan kurva standar maltosa yang diperoleh adalah $y = 1.008x - 0.0394$ (Lampiran 3). Unit aktivitas enzim α -amilase dinyatakan dalam satuan unit/ml cairan enzim. Satu unit aktivitas 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.

$$\text{UA/ml filtrat enzim} = \frac{\text{mg maltosa} \times 1000 \times \text{fp}}{3 \times \text{BM maltosa}}$$

fp : faktor pengenceran

UA : Unit Aktivitas enzim

$$\text{UA/mg protein} = \frac{\text{UA/ml filtrat enzim}}{[\text{protein} = \text{mg/ml}]}$$

Pengukuran protein terlarut perlu dilakukan untuk mendukung hasil analisis aktivitas enzim α -amilase. Aktivitas α -amilase menggunakan satuan unit aktivitas enzim/mg protein (UA/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 aktivitas α -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, $y = 1.3345x - 0.0407$ (Lampiran 4).

D. RANCANGAN PERCOBAAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Satu Faktorial dengan dua kali ulangan.

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

- Di mana ; Y_i : Nilai pengamatan
 μ : Nilai tengah umum
 A_i : Pengaruh perlakuan A ke-i
 ϵ_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. WAKTU GERMINASI OPTIMUM

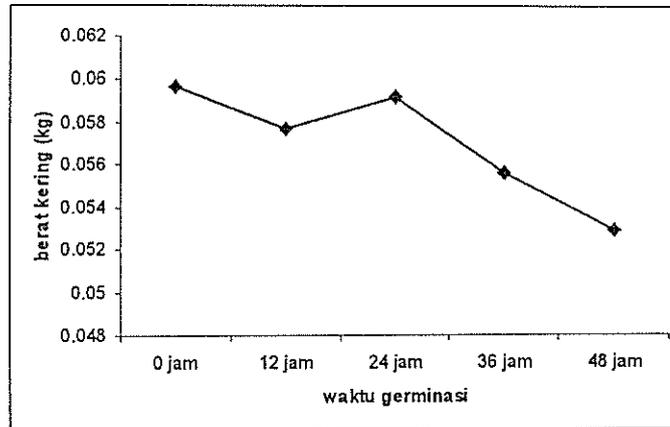
Pada tahap ini dilakukan perendaman kacang kedelai dengan xanthan gum 50 ppm selama 24 jam. Xanthan gum merupakan polisakarida yang berasal dari mikroba *Xanthomonas Campestris* (Whistler dan Be Miller, 1973). Jenis polisakarida (xanthan gum) dan konsentrasi 50 ppm dipilih berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Sukmawati (2003) dimana jenis polisakarida dan konsentrasi tersebut menghasilkan senyawa fenolik tertinggi. Tujuan dari perendaman kacang kedelai dengan xanthan gum diharapkan dapat mengelisitasi kacang kedelai sehingga menghasilkan kadar senyawa fenolik optimum.

Perendaman dalam larutan ini selama 24 jam akan mengakibatkan terjadinya imbibisi air sehingga biji membengkak dan pada akhirnya biji pecah dan muncul radikel. Kacang kedelai ini digerminasikan pada interval waktu 12, 24, 36, dan 48 jam. Waktu germinasi ini dihitung setelah perendaman dalam xanthan gum selama 24 jam selesai dilakukan. Analisis yang dilakukan terhadap kecambah kacang kering beku meliputi : kadar air kecambah kering, kadar total fenol dan α -tokoferol serta berat kering kecambah untuk menentukan waktu germinasi yang menghasilkan produktifitas fenol dan tokoferol yang optimum.

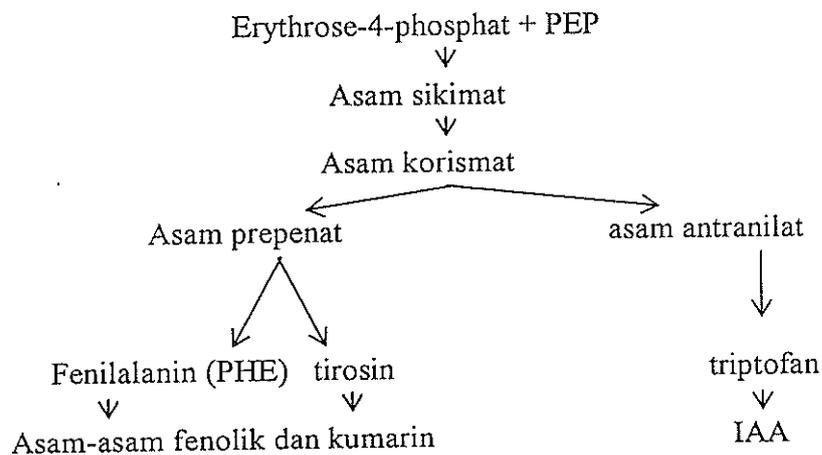
Tepung kecambah kedelai, yang telah dikeringkan dengan *freeze dryer*, diukur kadar airnya. Kadar air hasil pengeringan ini untuk waktu germinasi sampai 36 jam berkisar tiga sampai empat persen kecuali pada waktu germinasi 48 jam yaitu 7.30 % (Lampiran 5).

Selama germinasi terjadi kecenderungan penurunan berat kering kecambah seiring dengan lamanya waktu germinasi (Gambar 4). Hal ini dapat terjadi karena biosintesis senyawa fenolik berada pada jalur yang sama dengan biosintesis hormon pengatur tumbuhan yaitu auksin (Gambar 5). Auksin merupakan hormon yang terlibat dalam mengontrol pertumbuhan batang, akar, absisi daun dan buah, dan aktivitas fisiologis lainnya bagi tanaman diduga bahwa

IAA atau *indoleacetic acid* merupakan auksin yang sebenarnya (Bonner dan Galston, 1952).



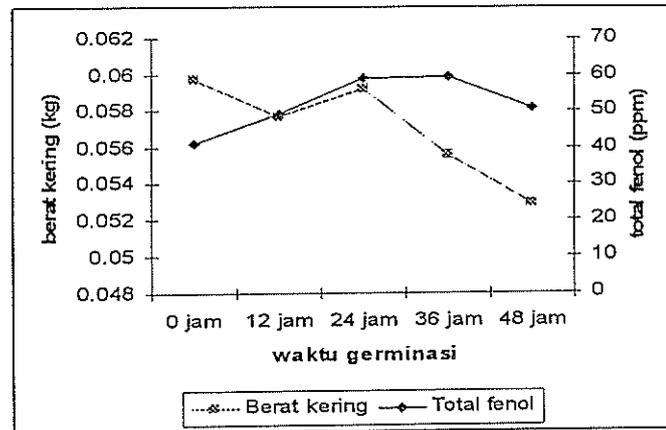
Gambar 4. Berat kering kecambah kedelai selama germinasi.



Gambar 5. Bagan Jalur Biosintesis Senyawa Fenolik dan IAA.

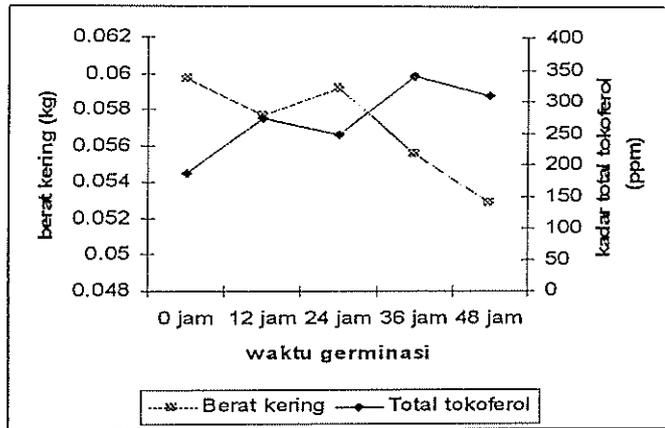
Gambar 6 memperlihatkan kurva produktivitas antara kadar total fenol dan berat keringnya. Pada saat kecambah belum digerminasikan (waktu germinasi nol jam), kecambah memiliki berat kering tertinggi sedangkan kadar total fenolnya terendah. Ini disebabkan karena biosintesis senyawa fenolik dan hormon pertumbuhan berada pada jalur yang sama dan proses biosintesis ini lebih diberatkan untuk pertumbuhan kecambah. Pada waktu germinasi untuk 12

dan 24 jam, memperlihatkan peningkatan kadar total fenol seiring dengan peningkatan berat kering kecambah. Pada waktu germinasi 36 jam memperlihatkan penurunan yang cukup signifikan dari berat kering kecambah karena biosintesis hormon pertumbuhannya terganggu oleh biosintesis senyawa fenolik yang menjadi optimum. Hal ini disebabkan karena pada waktu germinasi 36 jam, biosintesis yang terjadi lebih diberatkan untuk produksi senyawa fenolik (Lampiran 6).



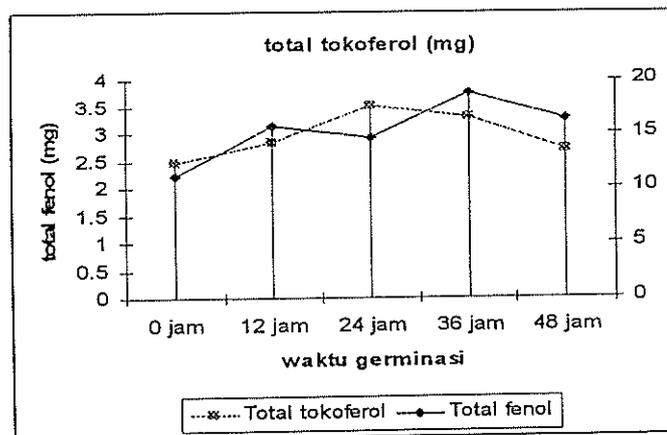
Gambar 6. Kurva produktivitas maksimal fenol kecambah kedelai selama germinasi.

Gambar 7 memperlihatkan kurva produktivitas tokoferol dan berat kering dimana pada waktu germinasi nol jam memiliki kadar total tokoferol terendah sedangkan berat keringnya tertinggi, demikian halnya pada waktu germinasi 24 jam yang juga memperlihatkan terjadinya perbedaan yang signifikan antara penurunan berat kering dan peningkatan kadar tokoferol. Hal ini disebabkan karena biosintesis yang terjadi pada waktu germinasi nol jam digunakan untuk pertumbuhan kecambah sedangkan pada waktu 24 jam digunakan untuk memproduksi senyawa fenolik yaitu tokoferol. Pada waktu germinasi 36 jam dan 48 jam memperlihatkan penurunan produktivitas tokoferol seiring dengan penurunan berat keringnya. Produktivitas tokoferol menjadi optimum pada waktu germinasi 36 jam sebelum akhirnya menurun kembali pada waktu germinasi 48 jam (Lampiran 7).



Gambar 7. Kurva produktifitas maksimal tokoferol kecambah kedelai selama germinasi.

Gambar 8 menunjukkan hubungan waktu germinasi optimum untuk produksi fenol dan tokoferol. Grafik ini diperlukan untuk menentukan waktu germinasi yang optimum untuk produktifitas senyawa fenolik. Grafik tersebut menunjukkan terjadinya kecenderungan peningkatan produksi total fenol dan total tokoferol sampai dengan waktu germinasi 36 jam dan kemudian terjadi penurunan kembali pada waktu germinasi 48 jam (Lampiran 8).



Gambar 8. Grafik hubungan waktu germinasi optimum untuk produksi total fenol dan total tokoferol kecambah kedelai.

Dengan demikian berdasarkan Gambar 8 waktu germinasi yang dianggap optimum untuk produktifitas fenol dan tokoferol untuk penelitian selanjutnya adalah waktu germinasi 36 jam. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian

sebelumnya oleh Sukmawati (2003) bahwa waktu germinasi 36 merupakan waktu optimum untuk produktifitas senyawa fenolik maksimum.

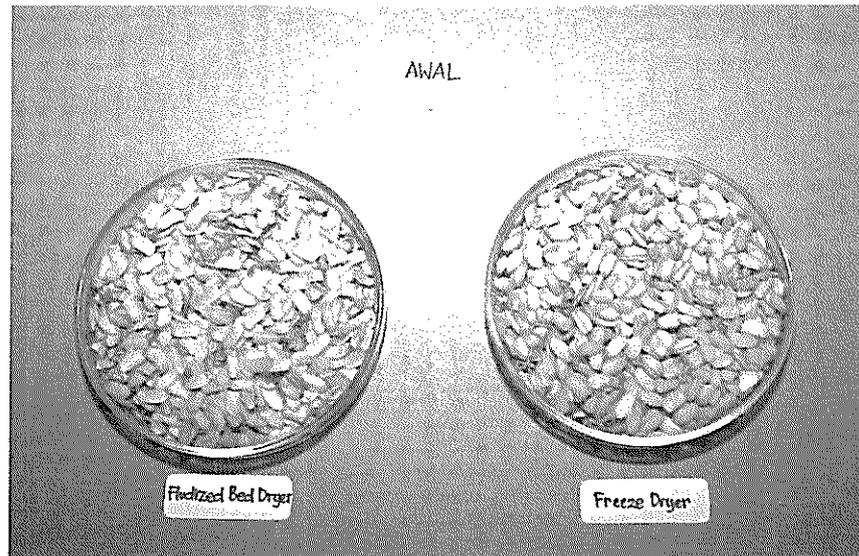
B. PENGARUH PROSES PENGERINGAN UNTUK PRODUKSI TEPUNG KECAMBAH KEDELAI

Pada tahap ini dilakukan germinasi kembali pada kacang kedelai dengan waktu 36 jam. Kecambah basah yang dihasilkan dibagi untuk tiga alat pengering yaitu *freeze dryer* (FD), *drum dryer* (DD) dan *fluidised bed dryer* (FBD).

Pada proses pengeringan menggunakan *drum dryer* dilakukan beberapa kali ulangan (*trial and error*) sehingga menghasilkan tepung dengan penampakan secara visual paling bagus. Pertama-tama kecambah dibuat bubur dengan melarutkan pada air dan diblender, tekanan yang digunakan adalah 3 bar sehingga menghasilkan tepung kecambah yang sangat kering dengan warna coklat. Tepung tidak bagus bila berwarna coklat oleh karena itu dilakukan pengeringan ulangan dengan kecambah kedelai beku yang digiling dengan grinder menjadi pasta kemudian dikeringkan dengan tekanan yang lebih rendah (2.5-2.75 bar). Hasil yang diperoleh adalah penampakan secara visual yang baik dari segi warna dan derajat kekeringan yang diperoleh dianggap cukup kering.

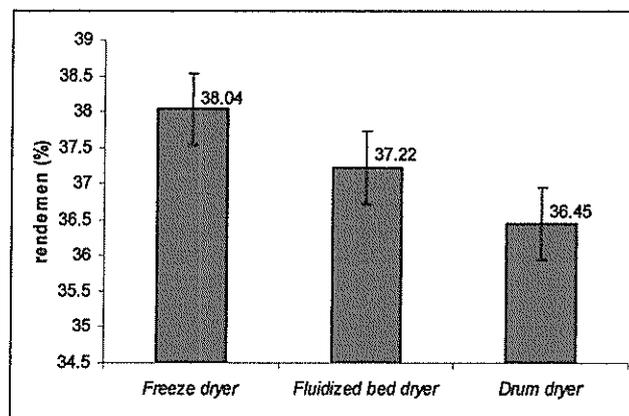
Pada *fluidized-bed dryer* digunakan suhu pengeringan 70°C yang menghasilkan warna kecambah kering yang coklat maka dilakukan pengeringan kembali dengan suhu yang lebih rendah (60-65°C). Waktu yang diperlukan untuk *fluidized-bed dryer* adalah tiga jam. Waktu ini diambil dengan parameter bila kecambah yang dikeringkan mudah dipatahkan dengan tangan maka waktunya dianggap cukup dan telah mencapai derajat kekeringan yang diinginkan (kurang dari delapan persen) dengan penampakan visual yang baik

Pada *freeze dryer* (kontrol) pengeringan dilakukan dengan menggunakan suhu -50°C dengan waktu pengeringan 42 jam. Kadar air tepung kecambah kedelai yang dihasilkan dari pengeringan dengan menggunakan tiga alat pengering diatas dapat dilihat pada Lampiran 9.



Gambar 9. Foto kecambah kering hasil pengeringan menggunakan *fluidized bed-dryer* dan *freeze dryer*.

Pada proses pengeringan, salah satu parameter penting yang diperlukan untuk mengetahui efisiensi dari alat pengering yang digunakan adalah rendemen. Rendemen dihitung berdasarkan bobot kering. Rendemen juga merupakan salah satu parameter penting yang diamati dalam proses pembuatan tepung. Nilai rendemen menentukan efisiensi serta efektifitas proses yang dilakukan tanpa mengesampingkan parameter.



Gambar 10. Histogram rendemen tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering.

Pada Gambar 10, proses pengeringan yang terjadi menggunakan tiga alat pengering, menunjukkan bahwa rendemen tepung kecambah kedelai tertinggi adalah tepung kecambah kedelai dengan FD dan terendah menggunakan DD (Lampiran 10).

Hal ini disebabkan karena proses pengeringan dengan DD menimbulkan kehilangan produk yang tinggi akibat perputaran drum yang menyebabkan produk kering beterbangan dan tidak tertampung pada wadah. Produk tepung hasil pengeringan dengan alat pengering drum bersifat sangat kamba sehingga mudah beterbangan ketika terlepas dari alat pengering. Pada Gambar 10 seharusnya terdapat perbedaan nilai rendemen antara rendemen tepung dengan DD dibandingkan tepung dengan FD dan FBD karena pada DD banyak terdapat produk kering yang menempel pada alat pengering dan tidak dapat diambil.

Nilai rendemen yang tidak jauh berbeda ini diantara ketiga alat pengering dapat disebabkan oleh adanya proses pengolahan lanjutan dari kecambah kedelai kering menjadi tepung, yaitu penggilingan kecambah pada FD dan FBD menggunakan *Willey mill*. Setelah itu tepung kecambah kedelai hasil penggilingan dengan *Willey mill* menggunakan FD dan FBD serta *flakes* hasil DD agar memiliki kisaran ukuran partikel yang sama digunakan blender sebagai proses akhir dari penepungan. Adanya langkah proses lanjut inilah diduga sebagai parameter rendahnya rendemen tepung hasil FD dan FBD dengan tepung hasil DD menjadi tidak jauh berbeda.

C. ANALISIS SIFAT FISIK-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KEDELAI

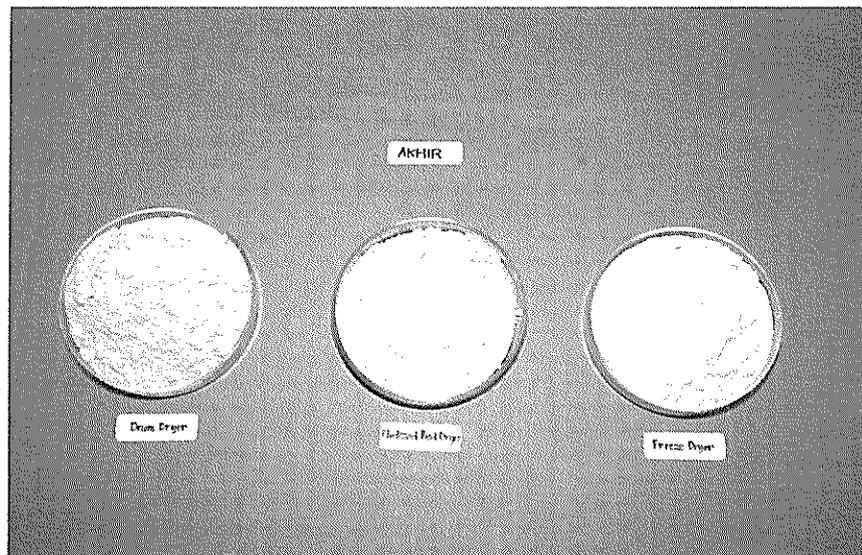
Penentuan pengaruh pengering pada tepung kecambah kedelai dilakukan dengan menganalisa tepung yang dihasilkan berdasarkan sifat fisik dan fungsional tepung kecambah kedelai. Analisis sifat fisik meliputi derajat putih, sudut repos, struktur mikroskop ukuran partikel, densitas kamba dan pemadatan serta viskositas. Analisis fungsional tepung berdasarkan kemampuannya untuk berekonstitusi dalam produk, meliputi : *wettability*, *solubility* dan *dispersibility*. Analisis ini diperlukan untuk mencari alat pengering diantara DD dan FBD yang

memiliki perubahan sifat fisik dan fungsional tepung kecambah terendah dibandingkan dengan FD sebagai kontrol.

1. Analisis Sifat Fisik Tepung Kecambah Kedelai

a. Derajat Putih

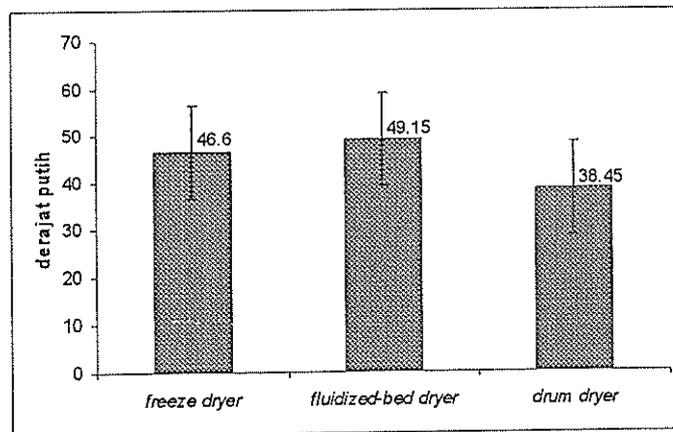
Soekarto (1990) menyatakan bahwa warna permukaan suatu benda berhubungan dengan sinar pantul atau selain itu dipengaruhi juga oleh fenomena fisik. Warna tepung yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh pigmen yang terkandung dalam kedelai. Gambar 11 memperlihatkan secara visual dimana tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki warna tepung lebih putih dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan FD sedangkan tepung kecambah kedelai dengan DD agak berbeda jauh karena cenderung berwarna putih kekuning-kuningan.



Gambar 11. Foto Tepung kecambah kedelai hasil pengeringan menggunakan beberapa alat pengering

Liu (1997) menyatakan bahwa kedelai mengandung vitamin A dalam bentuk provitamin A (β -karoten). Senyawa β -karoten merupakan salah satu kelompok pigmen yang berwarna kuning. Senyawa β -karoten

mempunyai sifat yang sangat mudah dioksidasi oleh udara dan rusak pada pemanasan tinggi (Winarno, 1995). Penurunan intensitas warna pigmen menyebabkan tepung memiliki warna kuning agak pucat dan jika diukur dengan Chroma Minolta CR 200 akan menghasilkan nilai indeks kecerahan yang tinggi. Peningkatan derajat putih juga dapat terjadi karena penurunan kadar protein (Tabel 2) selama perkecambahan sebagai reaksi mailard antara gugus amino pada protein dan gugus karbonil pada gula pereduksi berkurang.



Gambar 12. Grafik derajat putih tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Gambar 12 juga mendukung gambar visual tepung dimana tepung dengan FBD memiliki nilai derajat putih tertinggi. Hal ini berkaitan dengan faktor operasi hubungan antara suhu dan waktu yang menentukan tingkat kerusakan oleh panas dan menurut Winarno (1985) bahwa pigmen karoten dapat rusak oleh pemanasan tinggi dan menyebabkan derajat putih meningkat. Tepung kecambah kedelai dengan DD seharusnya menghasilkan derajat putih tertinggi tetapi karena suhu pengeringan yang terlalu tinggi dan terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis (reaksi mailard) menyebabkan tepung kecambah kedelai dengan DD tidak memiliki derajat putih tertinggi.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.01$) terhadap nilai derajat putih dari

tepung kecambah kedelai (Lampiran 11). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FBD lebih mendekati kontrolnya (FD) dan bahkan memiliki nilai derajat putih yang lebih baik.

Tabel 4. Derajat putih tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Derajat putih (%)
FD	46.60 ^a
FBD	49.15 ^a
DD	38.45 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan p = 5%)

Menurut Buckle *et al.* (1985), untuk produk tepung-tepungan warna putih penting karena berhubungan dengan kesukaan konsumen akan tepung berwarna putih. Oleh karena itu nilai derajat putih untuk produk tepung-tepungan merupakan faktor yang harus diperhatikan karena berhubungan dengan salah satu kriteria mutu tepung dan penerimaan konsumen.

b. Sudut Repos

Sudut tumpukan erat hubungannya dengan gaya kohesi partikel bahan yaitu 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 tumpukan menjadi besar (Carr, 1976).

Sudut repos tepung kecambah kedelai yang dihasilkan memiliki kisaran antara 41-44°. Pada tabel 3 kisaran ini termasuk dalam kohesivitas sedang (35-45°). Hal ini menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai agak melebar saat dicurahkan dan menunjukkan bahwa tepung tidak lengket dan mempunyai karakteristik *free flowing* yang sedang juga.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata (p=0.049) terhadap sudut repos dari tepung

kecambah kedelai (Lampiran 12). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa sudut repos tepung kecambah kedelai kedua alat pengering, FD dan FBD memiliki nilai keseragaman dengan kontrolnya (FD) tapi dari segi perbandingan nilai, sudut repos tepung kecambah kedelai dengan FBD sedikit lebih baik *free flowing*nya karena nilai sudut reposnya lebih kecil sehingga tepung kecambah kedelai dengan alat pengering FBD lebih tidak lengket dan mempunyai karakteristik *free flowing* yang lebih baik dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan FD dan DD.

Tabel 5. Sudut repos tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Sudut repos
FD	43.06 ^{ab}
FBD	41.72 ^a
DD	44.35 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan p = 5%)

c. Ukuran Partikel

Pengayakan pada tepung kecambah kedelai dilakukan untuk menyeragamkan ukuran partikel tepung. Tujuan dari penyeragaman ini adalah untuk aplikasinya dalam produk pangan agar pengadonan atau pencampuran dalam produk berlangsung dengan lebih cepat dan sempurna.

Pada penelitian ini hanya dilakukan pengayakan dengan ukuran 60 mesh yang dianggap dapat mewakili ukuran tepung. Pada tabel 6, tepung kecambah kedelai yang diayak dengan ukuran 60 mesh dengan FD dan DD menghasilkan rendemen yang tidak jauh berbeda dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan FBD (Tabel 6).

Tabel 6. Rendemen tepung kecambah dengan ayakan 60 mesh

Sampel	Tepung (g)	Ayakan 60 mesh (g)	Rendemen (%)
FD	763.5	630.7	82.61
FBD	449.2	344.3	76.65
DD	734.5	595.0	81.00

d. Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas merupakan salah satu sifat reologi yang penting dalam produk sifit ini menggambarkan besarnya hambatan atau resistensi suatu cairan terhadap aliran dan pengadukan (Muchtadi dan Sugiyono, 1992). Menurut Glicksman (1969), viskositas adalah ukuran yang menyatakan mudah atau sukarnya suatu larutan untuk mengalir. Beberapa faktor yang dapat berpengaruh terhadap viskositas antara lain konsentrasi, suhu, perlakuan suhu atau kimia sebelumnya dan ada tidaknya elektrolit dalam larutan.

Menurut Rha (1978), teori molekular tentang viskositas menyebutkan bahwa parameter yang berpengaruh nyata terhadap viskositas adalah volume molekul, berat molekul, jarak diantara molekul dan kekuatan tarik-menarik diantara molekul.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.00$) terhadap nilai viskositas dari tepung kecambah (Lampiran 13). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan DD lebih mendekati kontrolnya, FD dengan nilai yang tidak jauh berbeda (Tabel 7). Nilai viskositas erat berkaitan dengan fungsinya dalam suatu produk.

Tabel 7. Viskositas tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Viskositas (Pa.s)
FD	0.0206 ^a
FBD	0.0654 ^b
DD	0.0237 ^a

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

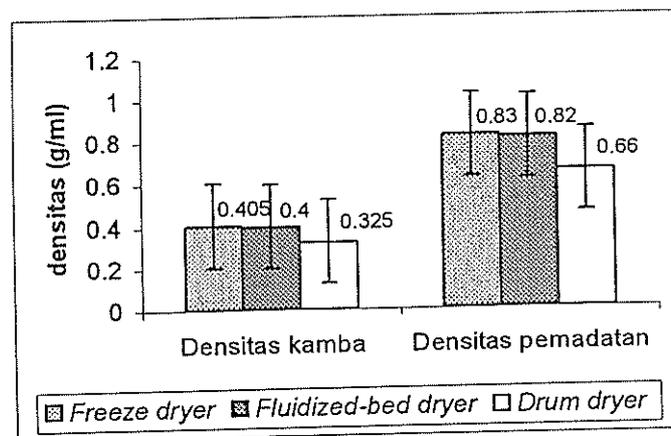
e. Densitas

Densitas kamba merupakan salah satu sifat fisik bahan pangan yang berupa tepung atau biji-bijian yang dinyatakan dalam g/ml. Nilai densitas

kamba menunjukkan porositas dari bahan yaitu jumlah rongga yang terdapat diantara partikel-partikel bahan.

Kecenderungan densitas kamba tepung bebanding terbalik dengan kecenderungan kadar air yaitu semakin rendah kadar air menyebabkan semakin tinggi kekambaan tepung atau semakin rendah densitas kambanya semakin halus ukuran partikelnya maka produk akan kurang kamba karena semakin sedikit udara yang terkandung diantara partikel-partikel tersebut.

Suatu produk tepung-tepungan yang diinginkan adalah yang mempunyai densitas kamba kecil. Produk makanan bayi yang diinginkan adalah mempunyai densitas kamba yang besar karena menghindari penggumpalan produk yang bersifat higroskopis jika densitas kambanya kecil. Suatu bahan pangan bersifat kamba jika nilai densitas kambanya kecil, berarti untuk berat yang ringan dibutuhkan ruangan yang besar (Anwar, 1990). Menurut Syarief dan Irawati (1988) densitas kamba dan sudut curah penting diketahui bagi bahan hasil pertanian yang akan disimpan. Densitas pemadatan perlu diketahui untuk efisiensi ruangan yang diperlukan untuk penyimpanan.



Gambar 13. Histogram densitas kamba dan densitas pemadatan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan beberapa alat pengering

Gambar 13 memperlihatkan histogram densitas kamba dan densitas pemadatan. Tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki densitas kamba terkecil dan FD terbesar, berarti tepung kecambah kedelai dengan DD lebih membutuhkan ruangan yang besar untuk berat yang ringan dalam penyimpanan atau pengemasan. Nilai densitas pemadatan berbanding lurus dengan densitas kamba sehingga nilai densitas pemadatan tertinggi diperoleh oleh tepung kecambah dengan FD dan tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki densitas pemadatan terendah. Hal ini berarti bahwa tepung kecambah kedelai dengan FD lebih efisien untuk disimpan.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.01$) terhadap nilai densitas kamba dari tepung kecambah (Lampiran 14). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa densitas kamba tepung kecambah kedelai dengan FBD lebih mendekati kontrolnya, FD, dengan nilai yang tidak jauh berbeda (Tabel 8).

Demikian juga dengan densitas pemadatan yaitu dari hasil analisis statistik pada taraf 5% dapat diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.00$) terhadap nilai densitas pemadatan dari tepung kecambah (Lampiran 15). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa densitas pemadatan tepung kecambah kedelai dengan FBD lebih mendekati kontrolnya, FD, dengan nilai yang tidak jauh berbeda (Tabel 8).

Tabel 8. Densitas kamba dan pemadatan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Densitas kamba	Densitas pemadatan
FD	0.41 ^a	0.83 ^a
FBD	0.40 ^a	0.82 ^a
DD	0.33 ^b	0.66 ^b

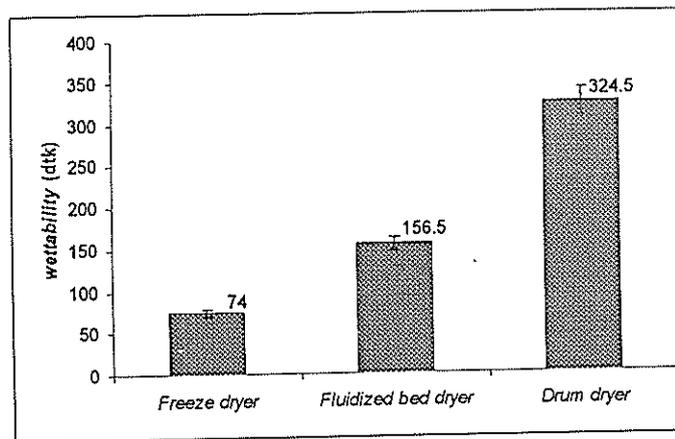
* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

2. Sifat Fungsional Tepung Kecambah Kedelai

a. *Wettability*

Wettability menjelaskan kemampuan tepung untuk menyerap air pada permukaan, rekonstitusi ini tergantung pada ukuran partikel. Ukuran partikel yang kecil merefleksikan luas permukaan yang besar, rasio massa, dimana tidak boleh dibasahkan secara individu tetapi dicelupkan bersamaan, berbagi lapisan luas permukaan (Brennan, 1974).

Gambar 14 memperlihatkan bahwa nilai daya basah tepung kecambah kedelai tercepat adalah FD (74 dtk) dan terlambat DD (324.5 dtk). Ini menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai dengan FD paling cepat membentuk adonan atau campuran bila digunakan dalam produk pangan serta cenderung menggumpal karena pada suhu dingin waktu yang dibutuhkan untuk dapat dibasahkan sangat lama. Daya basah berhubungan dengan aplikasinya dalam pengadonan dan pencampuran dalam produk.



Gambar 14. Histogram *wettability* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering.

Wettability erat berkaitan dengan densitas kamba, dimana bila densitas kamba rendah berarti dalam volume tertentu berat lebih sedikit

sehingga bila dijatuhkan pada permukaan air maka tidak akan bisa menurunkan tegangan permukaan air sehingga sulit untuk dibasahkan.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.41$) terhadap daya basah dari tepung kecambah (Lampiran 16). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa *wettability* tepung kecambah kedelai dengan alat pengering FBD seragam dengan FD dan DD (Tabel 9) tetapi dari pendekatan nilainya maka tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki sifat pengadonan atau pencampuran yang lebih baik dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan DD karena lebih mendekati tepung kecambah kedelai pada alat pengering yang menjadi kontrol yaitu FD.

Tabel 9. *Wettability* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	<i>Wettability</i> (dtk)
FD	74.00 ^a
FBD	156.50 ^{ab}
DD	324.50 ^b

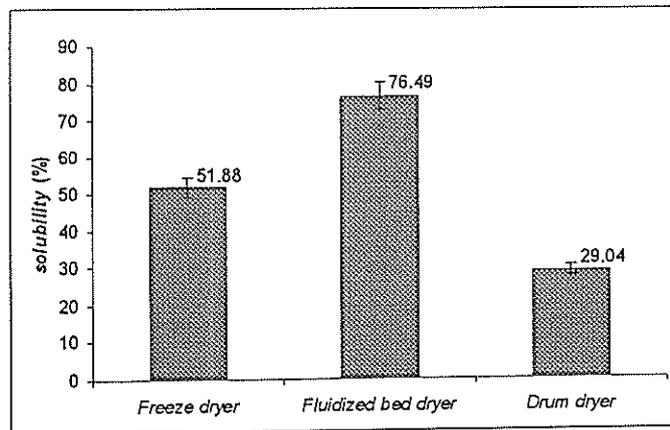
* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

b. *Solubility*

Menurut Mercado (1996), ukuran partikel yang kecil akan menjadikan luas permukaannya lebih besar sehingga bila dilarutkan di dalam air akan lebih mudah larut karena rehidrasinya lebih cepat. Giese (1994) mengemukakan bahwa sifat kelarutan yang tinggi banyak diperlukan untuk produk minuman seperti *nutritional* atau *sport drinks*.

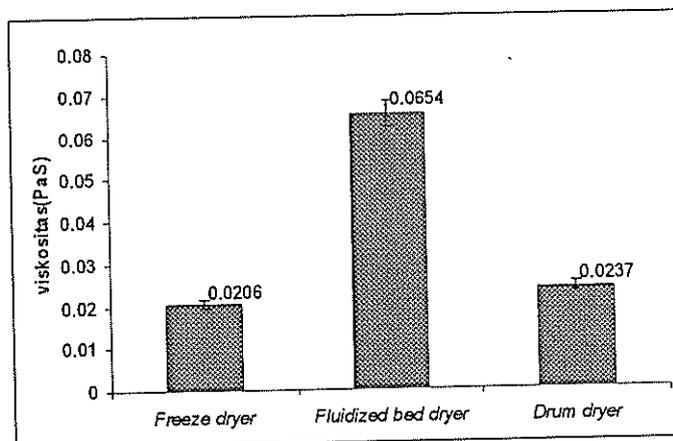
Kelarutan cepat berarti jumlah padatan yang tidak larut dalam tepung relatif sedikit dan sebaliknya apabila kelarutan tepung lambat maka dapat berarti jumlah padatan yang tidak larut dalam tepung relatif banyak. Pada Gambar 15 diatas, tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki nilai kelarutan tertinggi yang berarti bahwa jumlah padatan yang tidak larut dalam tepung relatif sedikit dan tepung kecambah kedelai dengan DD

memiliki nilai kelarutan terendah karena jumlah padatan yang tidak larut dalam tepung relatif banyak.



Gambar 15. Histogram *solubility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan beberapa alat pengering

Menurut Greenwood (1979) bahwa peningkatan kelarutan selalu diikuti oleh peningkatan viskositas (Gambar 16), ini disebabkan karena peningkatan jumlah gugus hidroksil yang menyebabkan kelarutan dalam air meningkat dan mengakibatkan air yang sebelumnya bebas bergerak diluar granula menjadi terperangkap dan tidak dapat bergerak bebas setelah mengalami gelatinisasi. Hal ini berarti kenaikan *solubility* berbanding lurus dengan viskositasnya.



Gambar 16. Histogram viskositas tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.01$) terhadap daya larut dari tepung kecambah (Lampiran 17). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan semua alat pengering tidak ada yang memiliki keseragaman. Namun dibandingkan dengan kontrolnya (FD), tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki *solubility* yang jauh lebih tinggi (Tabel 10).

Tabel 10. *Solubility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

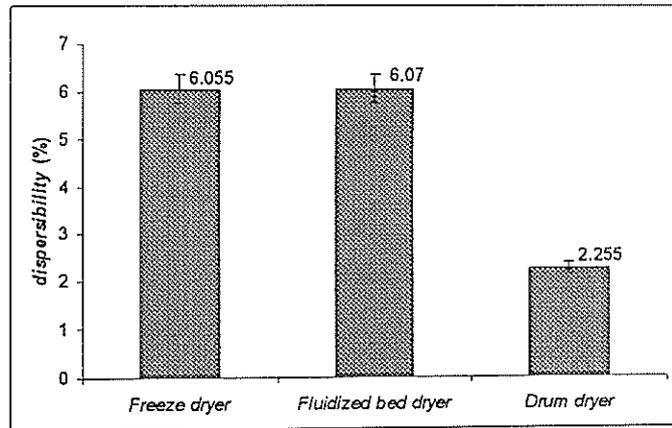
Alat pengering	<i>Solubility</i> (%)
FD	51.89 ^a
FBD	76.49 ^b
DD	29.04 ^c

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

c. *Dispersibility*

Dispersibility menjelaskan basis dimana tepung terdistribusikan sebagai satu partikel pada permukaan. *Dispersibility* dapat dikurangi karena adanya formasi clump dan ini menunjukkan bahwa daya tenggelamnya tinggi (Brennan, 1974). Okezie dan Bello (1988) menyatakan bahwa *dispersibility* air merupakan indikasi dapat dicampurnya tepung dalam formulsi pangan cair, terutama di dalam adonan.

Gambar 17 memperlihatkan bahwa tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki nilai *disperbility* jauh lebih rendah dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan FBD dan FD. Adanya perbedaan *dispersibility* mungkin disebabkan karena adanya perbedaan antara molekul pati dan molekul protein dalam menyerap air. Kemampuan meresap air dari molekul pati enam sampai tujuh kali lebih besar dibandingkan molekul protein atau lemak (Leonardo dan Martin, 1969).



Gambar 17. Histogram *dispersibility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.00$) terhadap daya serap dari tepung kecambah (Lampiran 18). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki keseragaman dengan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan FD (sebagai kontrol), hal ini ditandai dengan nilai yang berdekatan. (Tabel 11).

Tabel 11. *Dispersibility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	<i>Dispersibility</i> (%)
FD	6.06 ^a
FBD	6.07 ^a
DD	2.26 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

Nilai *dispersibility* berbanding lurus dengan *solubility* dan berbanding terbalik dengan *wettability*. Ini berarti bila *dispersibility* tinggi maka *solubility*-nya pun tinggi dan waktu yang dibutuhkan tepung untuk dibasahi (*wettability*) rendah. Dengan sifat fungsional tepung kecambah yang telah mengalami perlakuan pengeringan diatas diduga dapat digunakan aplikasinya sebagai *re-mixing* dalam pangan fungsional.

D. ANALISIS SIFAT KIMIA-FUNGSIONAL TEPUNG KECAMBAH KEDELAI

Pada tahap ini akan dianalisis kandungan senyawa antioksidan dan aktifitas antioksidan pada kecambah yang mengalami perlakuan elisitasi dan pengeringan. Selain itu sifat fungsionalnya juga dianalisis. Analisis ini meliputi kadar gula pereduksi dan aktifitas alpha-amilase. Sampel yang dianalisis merupakan sampel hasil tahap sebelumnya, yaitu kecambah yang digerminasi 36 jam dengan hasil optimasi pengeringan pada ketiga alat pengering (FD, FBD, dan DD).

Analisis ini dilakukan untuk mencari perubahan sifat kimia dan fungsional terendah dari kedua alat pengering (FBD dan DD) dengan FD sebagai kontrol perubahan nilai nutrisi terendah.

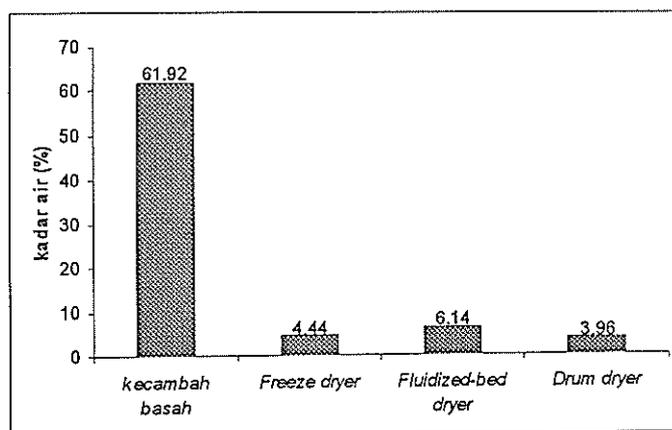
1. Kadar Air

Kadar air biji-bijian merupakan faktor penting dalam penyimpanan biji-bijian (Stermer dan Webb, 1972). Kadar air suatu bahan pangan sangat penting dalam penentuan sifat fisik bahan lainnya seperti porositas dan densitas kamba. Kadar air suatu bahan menunjukkan jumlah air yang terkandung didalamnya. Kadar air merupakan parameter penting untuk produk kering. Kadar air bahan mempengaruhi penampakan, tekstur produk dan daya simpannya (Winarno, 1995).

Air merupakan komponen yang sangat vital dalam metabolisme perkecambahan. Imbibisi air pada biji merupakan tahap awal dalam perkecambahan dan menentukan proses selanjutnya. Apabila kadar air biji tidak sesuai untuk perkecambahan maka biji tidak akan berkecambah. Kadar air kritis biji kacang kedelai untuk berkecambah ialah sebesar 50%. Masuknya air ke dalam biji menyebabkan biji membengkak kulit pecah sebelum akhirnya berkecambah. Air akan mengaktifkan enzim-enzim yang berperan dalam metabolisme sehingga biji akan tumbuh (Sadjad, 1974).

Dalam pengukuran kadar air yang terukur merupakan air bebas yaitu air yang pada permukaan bahan yang terikat secara fisik dalam jaringan matriks seperti membran, serat-serat lain. Air bebas tersebut mudah diuapkan dan

dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimia (Anwar, 1988).



Gambar 18. Histogram kadar air kecambah basah dan tepung kecambah hasil pengeringan beberapa alat pengering

Gambar 18 memperlihatkan bahwa tepung kecambah dengan DD memiliki kadar air terendah karena proses pengeringan dengan DD berlangsung pada udara terbuka. Semakin tinggi tekanan uap yang digunakan maka jumlah air yang diuapkan semakin besar sehingga kadar air produk lebih rendah. Semakin rendah kadar air produk maka produk cenderung lebih mudah proses pengeringan dengan alat pengering drum menghasilkan tepung dengan kadar air rendah karena adanya kontak langsung bahan dengan permukaan drum yang panas.

2. Kandungan Senyawa Antioksidan dan Aktivitas Antioksidan

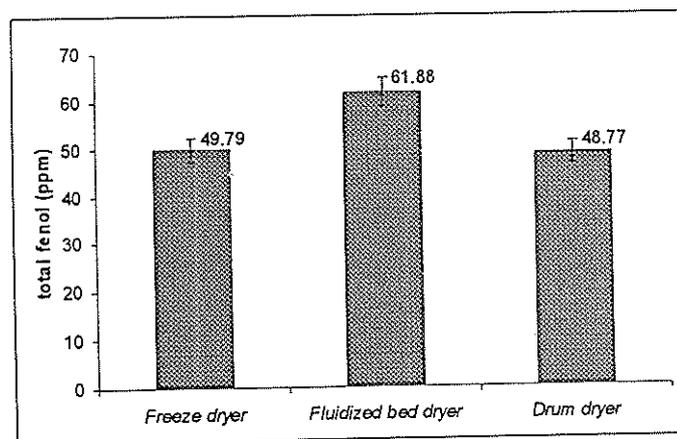
a. Kadar Fenol

Senyawa fenol dapat berfungsi sebagai antioksidan apabila tidak berdiri sendiri. Kereaktifan senyawa fenol dengan radikal-radikal lemak disebabkan karena adanya substitusi grup-grup alkil pada posisi 2, 4, atau 6 yang meningkatkan densitas elektron pada grup hidroksil. Radikal fenol yang terbentuk setelah fenol bereaksi dengan lemak distabilkan oleh

delokalisasi elektron yang tidak berpasangan ke cincin aromatik (Gordon, 1990). Sedangkan menurut Ketaren (1986), antioksidan fenolik efektif dalam memperpanjang periode induksi jika ditambahkan pada minyak yang tidak rusak, dan tidak efektif pada minyak yang sudah rusak.

Kadar total fenol yang dihasilkan berkisar antara 47-65 ppm (Lampiran 19). Nilai ini tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan pada penelitian tahap I dengan waktu germinasi 36 jam hanya menggunakan FD. Tingginya total fenol tidak menunjukkan tingginya aktivitas antioksidan. Walaupun demikian, tingginya aktivitas antioksidan diduga disebabkan hanya beberapa golongan fenol tertentu. Senyawa fenol larut air dan tidak larut dalam minyak.

Tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki kadar fenol terendah karena alat pengering ini dilakukan pada ruang terbuka sehingga terjadi kontak dengan oksigen menyebabkan senyawa fenol teroksidasi terlebih dahulu (Gambar 19). Senyawa fenol yang dipanaskan pada suhu 60°C dapat menurunkan kandungan beberapa jenis senyawa fenol secara nyata. Beberapa senyawa fenol mudah teroksidasi oleh oksigen terutama dalam kondisi alkali dan aktivitas enzim polifenoloksidase (Ho, 1992).



Gambar 19. Histogram total fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.047$) terhadap kadar fenol dari tepung

kecambah (Lampiran 20). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa ketiga alat pengering seragam satu sama lain namun demikian dari kandungan total fenol (ppm), tepung kecambah kedelai dengan FBD jauh lebih baik dari FD sebagai kontrol (Tabel 12).

Tabel 12. Total fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Total Fenol (ppm)
FD	49.79 ^a
FBD	61.88 ^a
DD	48.77 ^a

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan p = 5%)

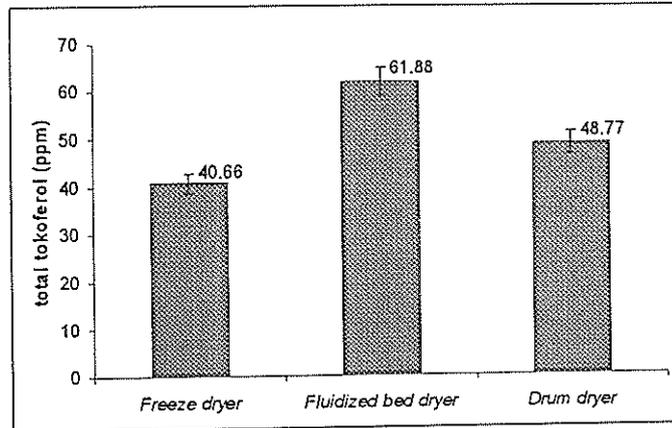
b. Kadar Tokoferol

Tokoferol merupakan senyawa yang termasuk didalamnya golongan senyawa quinon, dimana senyawa ini merupakan produk gabungan antara lintasan asam sikamat dan lintasan asetat mevalonat sehingga apabila terjadi peningkatan kadar senyawa fenolik maka terjadi peningkatan kadar total tokoferol. Menurut Salisbury dan Ross (1995), fitoelektin yang dihasilkan oleh lintasan asam sikamat dan isoprenoid dari lintasan asam mevalonat dapat terbentuk setelah penambahan satu elisitor.

Bourgeois (1992) menyebutkan bahwa adanya ikatan tidak jenuh pada α -tokoferol menyebabkan senyawa ini mudah teroksidasi membentuk senyawa dimer, trimer, komponen dehidrasi dan quinon. Oksidasi α -tokoferol dipercepat oleh cahaya, panas, kondisi alkali dan adanya ion besi serta tembaga.

Pada analisis α -tokoferol, kadar tokoferol yang dihasilkan tertinggi oleh tepung kecambah kedelai dengan FD (sebagai kontrol) dan terendah oleh DD (Gambar 20). Rendahnya kadar alpha-tokoferol pada DD disebabkan faktor panas yang ditimbulkan dari suhu pengeringan dan cahaya karena pada DD, proses pengeringan terjadi pada ruang terbuka. Kadar tokoferol dengan FBD termasuk baik karena tidak jauh berbeda dengan kontrol alat pengeringnya (FD). Ini dapat disebabkan karena

tepung kecambah yang dihasilkan dengan FBD sedikit saja kontak dengan udara (hanya pada saat pengadukan) dan suhu pengeringannya lebih rendah dari DD (Lampiran 21).



Gambar 20. Histogram tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.026$) terhadap kadar tokoferol dari tepung kecambah (Lampiran 22). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah dengan FD dan FBD memiliki keseragaman sehingga untuk kadar tokoferol tepung kecambah kedelai dengan FBD lebih mendekati kontrolnya (FD) (Tabel 13).

Tabel 13. Tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Tokoferol (ppm)
FD	40.66 ^a
FBD	39.00 ^a
DD	30.62 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)



c. Kadar β -karoten

Bender (1978), menyatakan semakin tinggi suhu pemasakan dapat meningkatkan terjadinya proses oksidasi beta karoten sehingga mengakibatkan penurunan kandungan beta karoten yang lebih banyak.

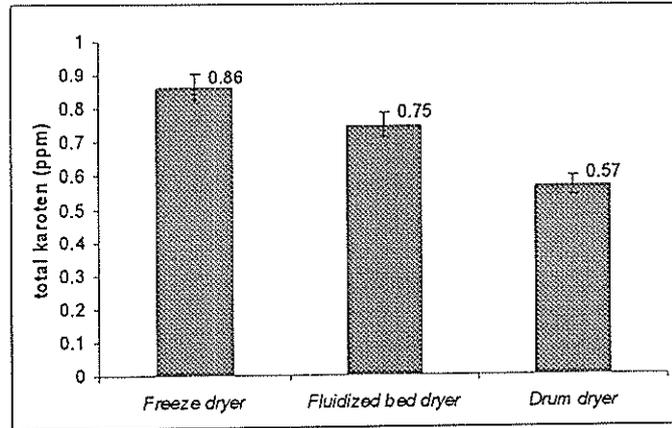
Salah satu antioksidan alami yang banyak terdapat pada biji-bijian dan bahan pangan nabati lainnya karena biji-bijian umumnya mengandung pigmen. Karoten di dalam tubuh akan diubah menjadi vitamin A. Senyawa metabolit sekunder lainnya yang bermanfaat bagi manusia ialah senyawa yang merupakan turunan isoprenoid. Termasuk di dalamnya adalah karotenoid, dimana beta karoten (prekursor vitamin A) merupakan karotenoid yang paling banyak dijumpai pada tumbuhan tingkat tinggi (Salisbury dan Ross, 1995).

Karotenoid adalah pigmen berwarna jingga/merah terdapat di berbagai macam plastid berwarna (kromoplas) di akar batang, daun, bunga dan buah berbagai tumbuhan. Karotenoid di kloroplas berperan dalam fotosintesis dan karoten lainnya mencegah fotooksidasi klorofil. Senyawa ini merupakan produk dari lintasan asetat mevalonat, dimana asam mevalonat merupakan prekursor utama.

Faktor utama yang mempengaruhi kadar karoten selama pengolahan pangan dan penyimpanan adalah oksidasi oleh oksigen udara dan perubahan struktur oleh panas. Karotenoid memiliki ikatan ganda sehingga sensitif terhadap oksidasi. Oksidasi karoten dipercepat dengan adanya cahaya, logam, panas, peroksida dan bahan pengoksidasi lainnya. Panas akan mendekomposisi karoten dan mengakibatkan perubahan stereoisomer. Pemanasan sampai dengan suhu 60°C tidak mengakibatkan dekomposisi karoten tetapi dapat terjadi perubahan stereoisomer (Klaui dan Bauernfeind, 1981). Karoten akan menurun secara drastis pada suhu sekitar 180-210°C.

Tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki pigmen karoten paling rendah karena adanya kontak dengan udara selama pengeringan menyebabkan terjadinya oksidasi (Gambar 21). Namun demikian oksidasi yang terjadi belum dipengaruhi oleh keadaan suhu, karena suhu

inletnya hanya mencapai 78°C belum sampai 180-210°C sehingga yang terjadi hanyalah dekomposisi karoten saja. Data beta karoten pada ketiga alat pengering dapat dilihat pada Lampiran 23.



Gambar 21. Histogram karoten tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.023$) terhadap beta karoten tepung kecambah (Lampiran 24). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FBD seragam dengan tepung kecambah kedelai yang dihasilkan oleh FD dan DD. Tepung kecambah kedelai dengan FD sebagai kontrol memiliki kadar beta karoten yang tinggi dan kemudian diikuti oleh FBD sehingga dapat dikatakan bahwa FBD lebih mendekati kontrol secara teoritis karena nilai kandungan karotennya (Tabel 14).

Tabel 14. Beta-karoten tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Beta karoten (ppm)
FD	0.86 ^a
FBD	0.75 ^{ab}
DD	0.57 ^b

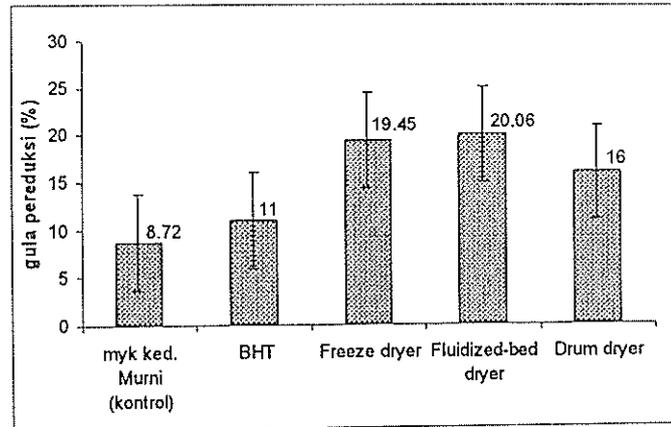
* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

d. Aktivitas Antioksidan

Prinsip aktivitas antioksidan dengan metode rancimat adalah oksidasi dipercepat dengan cara induksi aliran udara melewati minyak yang dipanaskan misal 100°C. Produksi oksidasi sekunder dari autooksidasi adalah senyawa volatil dan ionik, dekomposisi hidroperoksida ionik menghasilkan asam format. Pada awal oksidasi tidak ada peningkatan konduktivitas yang dapat diamati dan hanya pada tahap selanjutnya terjadi peningkatan konduktivitas secara cepat (periode induksi). Umumnya pada suhu ruang, periode induksi dihasilkan pada hitungan minggu atau bulan. Oleh karena itu perlu uji yang dipercepat, biasanya dilakukan pada suhu 100°C atau 140°C untuk minyak atau lemak yang sangat stabil.

Aktivitas antioksidan ditentukan dengan menghitung periode induksi. Periode induksi adalah waktu pada saat terjadinya peningkatan konduktivitas listrik dan dinyatakan dalam satuan jam. Waktu induksi secara otomatis ditentukan oleh alat rancimat yang dapat dilihat pada layar monitor komputer yaitu pada saat kurva membentuk sudut tangensial. Reaksi oksidasi minyak akan menghasilkan senyawa ionik yang volatil. Senyawa ionik ini akan dialirkan pada air bebas ion. Senyawa ionik tersebut akan mengubah konduktivitas listrik dari air bebas ion. Semakin lama waktu induksi semakin baik aktivitas antioksidan tersebut.

Dari Gambar 24 terlihat bahwa tepung kecambah dengan ketiga alat pengering memiliki aktivitas antioksidan yang lebih baik dibandingkan kontrol dan kontrol ditambahkan dengan BHT. Dari gambar juga terlihat tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki periode induksi paling tinggi. Hal ini berarti bahwa aktivitas antioksidannya lebih baik dibandingkan tepung kecambah kedelai yang dihasilkan oleh alat pengering lainnya.



Gambar 22. Histogram periode induksi kontrol, kontrol+BHT dan ekstrak etanol tepung kecambah kedelai.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.025$) terhadap aktivitas antioksidan dari tepung kecambah (Lampiran 25). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FD dan FBD memiliki keseragaman atau tepung dengan FBD memiliki aktivitas antioksidan yang mendekati kontrolnya, FD, bahkan nilainya lebih tinggi dibandingkan FD. Ini menyatakan bahwa dibandingkan kontrolnya tepung kecambah kedelai FBD memiliki aktivitas antioksidan yang lebih baik (Tabel 15).

Tabel 15. Aktivitas antioksidan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Aktivitas Antioksidan
FD	19.45 ^a
FBD	20.06 ^a
DD	16.00 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

Efisiensi antioksidan dapat pula dinyatakan sebagai perbandingan waktu induksi minyak yang mengandung antioksidan dengan waktu induksi minyak tanpa antioksidan (minyak murni = 8.72 jam) (Tabel 16).

Tabel 16. Efisiensi antioksidan tepung kecambah kedelai

Antioksidan (200 ppm)	Efisiensi antioksidan
FD	2.23
FBD	2.30
DD	1.83

Efisiensi antioksidan tepung kecambah ini masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian Fleury *et. al.* (1992) pada isoflavon yang diisolasi dari kedelai. Efisiensi isoflavon tersebut 500 ppm yang diuji dengan rancimat suhu 100°C rata-rata menunjukkan hasil 1.06.

Aktivitas antioksidan yang tinggi pada kecambah disebabkan karena tingginya kadar total fenol, tokoferol, karoten. Aktivitas antioksidan ini berbanding lurus dengan total fenol. Aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar senyawa fenolik selama germinasi biji. Peningkatan kadar senyawa mengidentifikasi bahwa tanaman menghasilkan prekursor untuk sintesis lignin dan aktivitas antioksidan pada ekstrak fenol menunjukkan bahwa fenolik pada biji berperan sebagai antioksidan ketika kebutuhan oksigen selama perkecambahan tinggi. Antioksidan menjadi pelindung sel dari reaksi oksidasi yang menyebabkan kerusakan (Andarwulan *et al.*, 1999).

Data analisis senyawa antioksidan dan aktifitas antioksidan pada tepung kecambah kedelai yang telah mengalami proses pengeringan diduga dapat mempertahankan kandungan nutrisi dan non nutrisi sehingga dapat diaplikasikan sebagai pangan fungsional.

3. Kandungan Gula Pereduksi dan Aktivitas Alpha-amilase

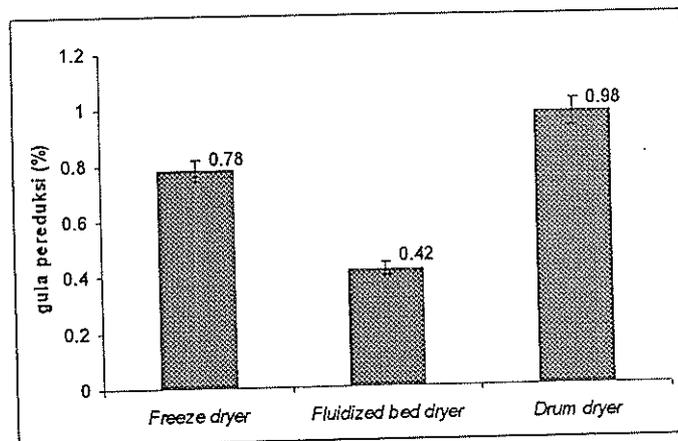
a. Kadar Gula Pereduksi

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik dan merupakan rantai gula yang panjang. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya (Winarno, 1988).

Pati dapat difraksinasi menjadi amilosa dan amilopektin melalui gelatinisasi pada temperatur dan tekanan tertentu. Bila suspensi pati dipanaskan, maka granula pati akan membengkak sampai maksimal dan tidak dapat kembali pada kondisi semula. Keadaan ini disebut gelatinisasi. Dalam keadaan ini granula akan terus mengembang menjadi jaringan yang membengkak namun masih terikat oleh misela yang belum rusak. (Winarno, 1984).

Untuk menganalisa adanya pati dapat digunakan iodine karena pati berikatan dengan iodine menghasilkan warna biru. Menurut Winarno (1984), pati akan merefleksikan warna biru bila polimer-polimer glukosa yang lebih besar dari 20, misalnya molekul amilosa. Reaksi pencoklatan non enzimatis banyak terjadi pada pengolahan bahan pangan yang menggunakan panas dan selama penyimpanan bahan pangan (Koeswara, 1991).

Dari hasil gula pereduksi, tepung kecambah kedelai dengan DD memiliki kadar gula pereduksi tertinggi (Lampiran 26). Namun untuk ketiga alat pengering ini termasuk rendah kadar gula pereduksinya (kurang dari 1%) (Gambar 23).



Gambar 23. Histogram gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.022$) terhadap total gula pereduksi dari tepung kecambah (Lampiran 27). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FD memiliki keseragaman dengan tepung kecambah kedelai dengan DD dan FBD. Namun nilai yang paling baik adalah yang gula pereduksinya rendah, sehingga pada pembuatan tepung tidak menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan yang tidak diinginkan dan juga meningkatkan derajat putih tepung tersebut (Tabel 17).

Tabel 17. Gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Gula pereduksi (%)
FD	0.78 ^{ab}
FBD	0.42 ^a
DD	0.98 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

b. Aktivitas α -amilase

Aktivitas enzim dinyatakan dalam unit/ml didefinisikan sebagai sejumlah enzim yang dapat menghasilkan sejumlah μ gula pereduksi permenit pada kondisi reaksi 50°C dan $\text{pH} > 7$ (Bernfeld, 1951).

Pati dapat dipecah menjadi unit yang lebih kecil yaitu dengan memotong ikatan glikosidiknya. Salah satu enzim yang dapat memotong ikatan tersebut adalah enzim α -amilase. α -amilase adalah enzim yang menghidrolisis ikatan alpha 1, 4 glikosidik pada polisakarida secara acak mulai dari tengah bagian dalam molekul (endoamilase) (Whitaker, 1972) sehingga menurunkan kemampuan pati mengikat zat warna iodium. Hidrolisis dengan α -amilase menyebabkan amilosa terurai menjadi maltosa dan maltriosa.

Galant et al (1972) menyatakan hidrolisis oleh α -amilase dapat terjadi melalui penetrasi enzim ke granula yaitu melalui pembentukan lobang atau celah pada permukaan pati selama proses. Selanjutnya

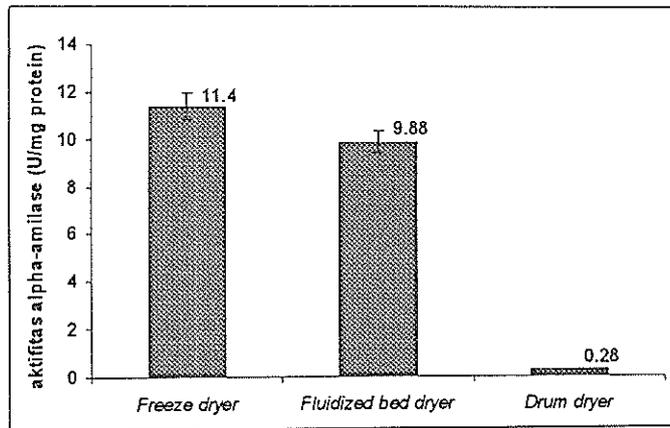
dikatakan bahwa hidrolisis pati dengan α -amilase menyebabkan struktur granula pati rusak dan terbentuk saluran-saluran pada permukaan granula. Ukuran granula merupakan faktor yang penting dalam hidrolisis pati. Kecepatan hidrolisis oleh enzim α -amilase berhubungan dengan ukuran butir karena adanya interaksi antara luas permukaan dan adsorpsi enzim (Knutson *et al.*, 1982). Mckaren (1963) mengemukakan bahwa kecepatan hidrolisis berbanding dengan luas permukaan butiran yang kontak dengan pelarut.

Analisa aktivitas enzim amilase dilakukan berdasarkan reaksi antara hasil penguraian pati oleh α -amilase, yaitu maltosa dengan pereaksi DNS. Maltosa akan mereduksi asam dinitrosalisilat dan membentuk warna kuning kecoklatan yang dapat diukur pada panjang gelombang 550 nm. 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.

Winarno (1983) menjelaskan bahwa aktivitas α -amilase ditentukan dengan mengukur hasil degradasi pati berupa penurunan kadar pati yang larut atau kadar maltosa yang dihasilkan dan dapat juga mengukur viskositas dan jumlah gula pereduksi yang terbentuk.

Alpha-amilase dapat dinyatakan dalam jumlah gula pereduksi. Menurut Rick dan Stegbaver (1968). Daya reduksinya dapat diukur melalui spektrofotometer setelah direaksikan dengan 3,5-DNS dan NaOH yang bebas CO₂ serta garam Rochelle.

Pada Gambar 24 terlihat bahwa aktivitas α -amilase tertinggi pada tepung kecambah kedelai dengan FD sebagai kontrol. Pada DD, aktivitas enzim pada tepung kecambah ini sangat rendah dibandingkan tepung kecambah kedelai dengan kedua alat pengering lainnya. Rendahnya aktivitas α -amilase pada tepung kecambah kedelai dengan DD dapat disebabkan karena degradasi enzim selama pengeringan karena suhu (Lampiran 28). Tingginya aktivitas enzim menunjukkan bahwa pangan tersebut lebih mudah dicerna. Hal ini dikarenakan setelah proses pengeringan berlangsung enzim tetap aktif.



Gambar 24. Histogram aktivitas alpha-amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Fogarty (1983) menyebutkan bahwa enzim ini dapat digolongkan menjadi enzim yang tahan terhadap suhu tinggi, disebut termostabil serta ada yang bersifat labil pada suhu tinggi disebut termolabil. Alpha amilase stabil pada kisaran 5.5-8.0 dan optimum pada kisaran pH 4.8-6.5.

Dari hasil analisis statistik pada taraf 5% diketahui bahwa alat pengering berpengaruh nyata ($p=0.01$) terhadap aktivitas α -amilase dari tepung kecambah (Lampiran 29). Dari uji keseragaman, diperoleh bahwa tepung kecambah kedelai dengan FD dan FBD memiliki keseragaman. Tepung kecambah kedelai dengan FBD memiliki aktivitas α -amilase yang mendekati kontrolnya, FD (tabel 22).

Tabel 18. Aktivitas α -amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Alat pengering	Aktivitas α -amilase (UA/mg protein)
FD	11.40 ^a
FBD	9.88 ^a
DD	0.28 ^b

* Angka-angka dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata satu sama lain (Uji Tukey dengan $p = 5\%$)

Pada proses perkecambahan terjadi proses perombakan makanan menjadi senyawa terlarut sehingga dapat digunakan untuk proses pertumbuhan. Karbohidrat di dalam benih disimpan dalam bentuk pati.

Aktivitas α -amilase yang tinggi ada hubungannya dengan kadar gula. Pada proses perkecambahan, embrio memproduksi sejumlah kecil gibberelin yang kemudian mengaktifkan enzim hidrolitik termasuk enzim α -amilase (Sadjad, 1974).

Proses pengeringan yang terjadi pada tepung kecambah kedelai tidak menyebabkan enzim α -amilase yang terdapat di dalamnya terdegradasi terutama pengeringan menggunakan *freeze dryer* dan *fluidized-bed dryer*. Dalam aplikasinya tepung kecambah kedelai ini dapat digunakan sebagai pangan fungsional yang memiliki nilai fungsional tinggi yang mampu mempertahankan kandungan gizi didalamnya walaupun telah melalui proses pengeringan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu penentuan waktu germinasi untuk produktivitas fenolik tertinggi, optimasi pengeringan untuk produksi tepung kecambah, analisis sifat fisik-fungsional tepung kecambah kedelai dan analisis sifat kimia-fungsional tepung kecambah kedelai.

Penentuan waktu germinasi untuk produktivitas fenolik tertinggi menunjukkan bahwa pada grafik hubungan waktu germinasi optimum, waktu germinasi 36 jam menghasilkan senyawa fenolik maksimum dengan kadar alpha-tokoferol sebesar 18.94 mg dan kadar total fenol sebesar 3.31 mg. Pengaruh pengeringan untuk produksi tepung kecambah menunjukkan bahwa pengeringan dengan *drum dryer* menggunakan tekanan 2.5-2.75 bar dan suhu inlet pengeringan 78°C dan pada *fluidized-bed dryer* dengan suhu pengeringan 60-65°C dan waktu pengeringan 3 jam menghasilkan tepung kecambah dengan penampakan visual terbaik.

Pada analisis sifat fisik-fungsional tepung kecambah kedelai berdasarkan hasil analisa statistik menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai dengan ketiga alat pengering berbeda nyata dalam derajat putih (FD = 46.6, FBD = 49.15, DD = 38.45), sudut repos (FD = 43.06, FBD = 41.72, DD = 44.35), densitas kamba (FD = 0.41 g/ml, FBD = 0.40 g/ml, DD = 0.33 g/ml) dan pemadatan ((FD = 0.83 g/ml, FBD = 0.82 g/ml, DD = 0.66 g/ml) serta viskositas (FD = 0.0206 Pa.s, FBD = 0.0654 Pa.s, DD = 0.0237 Pa.s). Untuk semua analisa fisik, tepung kecambah kedelai dengan *fluidized-bed dryer* lebih mendekati kontrolnya, *freeze dryer*, dibandingkan *drum dryer*.

Sifat fungsional (*wettability, solubility, dispersibility*) juga menunjukkan keadaan yang sama dimana berdasarkan analisa statistik, tepung kecambah kedelai yang dihasilkan oleh ketiga alat pengering berbeda nyata dan *fluidized-bed dryer* lebih mendekati kontrolnya, *freeze dryer*. Nilai sifat fungsional FD (74 dtk, 51.89%, 6.06%), FBD (156.5 dtk, 76.49%, 6.07%) dan DD (324.5 dtk, 29.04%, 2.26%)

Analisis sifat kimia-fungsional tepung kecambah, menunjukkan bahwa kadar fenol tertinggi diperoleh dari tepung kecambah kedelai dengan *fluidized-bed dryer* sebesar 61.88 ppm. Kadar tokoferol tepung kecambah kedelai dengan *fluidized bed dryer* (39.00 ppm) tidak berbeda jauh dengan *freeze dryer* (40.66 ppm). Kadar karoten tepung kecambah kedelai tertinggi juga diperoleh dari kontrol yaitu *freeze dryer* (0.86 ppm) namun nilai ini tidak jauh berbeda dengan tepung kecambah kedelai yang dihasilkan dengan *fluidized-bed dryer* (0.75 ppm).

Pada aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa semakin lama waktu induksi maka semakin baik aktivitas antioksidannya. Tepung kecambah kedelai dengan *fluidized-bed dryer* memiliki periode induksi tertinggi (20.06 jam), *freeze dryer* (19.45 jam) dan *drum dryer* (16 jam). Kadar gula pereduksi menunjukkan bahwa tepung kecambah kedelai dengan ketiga alat pengering memiliki kadar gula pereduksi yang rendah. Nilai terendah dimiliki tepung kecambah kedelai dengan *fluidized-bed dryer* (0.42 %) dan tertinggi oleh *drum dryer* (0.98 %). Sedangkan pada aktivitas alpha amilase terendah pada *drum dryer* (0.28 ppm), tertinggi pada *freeze dryer* (11.40 ppm) yang tidak jauh berbeda dengan *fluidized-bed dryer* (9.88 ppm).

Dapat ditarik kesimpulan bahwa optimasi proses pengeringan tepung kecambah kedelai hasil germinasi dengan perlakuan xanthan gum sebagai elisitor fenolik antioksidan tidak dapat dilakukan dengan alat pengering *drum dryer*. Hal ini disebabkan karena adanya kontrak langsung dengan udara dan suhu pengeringan yang terlalu tinggi menyebabkan kandungan kimia dan fungsional tepung kecambah kedelai banyak yang rusak bila dibandingkan dengan *freeze dryer* sebagai kontrol. Untuk mencari perubahan nilai nutrisi terendah maka *fluidized-bed dryer* sesuai untuk proses pengeringan ini karena memiliki nilai efisiensi dan efektifitas yang lebih mendekati kontrolnya, *freeze dryer*.

B. SARAN

Penelitian ini agar dapat segera diaplikasikan sebagai ingredient utama dalam produk pangan olahan tertentu sehingga optimasi dari proses pengeringan ini lebih mengenai sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N. dan K. Shetty. Improvement of pea (*Pisum sativum*) seed vigour response by fish protein hydrolysates in combination with acetyl salicylic acid. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 35 : 159-165.
- AOAC. 1984. *Official Methodes of Analysis*. Assosiation of Official Analytical Chemist Inc., Virginia.
- Badger, W.L. dan J. T. Banchemo. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. Mc. Graw Hill Kogashusha, Ltd.
- Ball, G. F. M. 1988. *Fat Soluble Vitamin Assays in Food analysis*. Elisevier Science Publ. Co., Inc., New York.
- Bender, A. E. 1978. *Food Processing and Nutrition*. Academic Press, London.
- Bernfeld, P. 1995. Amylases α and β : Method in *Enzymology*. Vol. I : 149-158.
- Block, G., and L. Langseth. 1994. Antioxidant Vitamin and Disease Prevention. *Food Tech.*, Vol. 48 No. 7
- Bourgeois, C. 1992. *Determination of Vitamin E*. Elseviere Applied Science, London and New York.
- Brennan, J. G. 1974. *Food Engineering Operation*. Applied Science Publ. Ltd., London.
- Buckle, K.A., R. A. Edwards, G. H. Fleet dan M. Wooton. 1985. *Ilmu Pangan*. Diterjemahkan oleh Purnomo, H. dan Azimo. UI-Press, Jakarta.
- Carr, R. L. 1976. Powder and Granule Properties and Mechanism. Di dalam Marchello, J. M. and A. Gomezplata (eds). *Gas-Solid Handling in The Processing Industries*. Marchel Dekker, Inc., New York.
- Cheftel, J. C., J. L. Cug and D. Lorient. 1985. Amino Acids, Peptides and Proteins. Di dalam : Fennema, O. R. (ed). *Food Chemistry 2nd ed.*, Marchell Dekker, Inc., New York.
- Chipault, J. R. 1962. Antioxidant for Use in Foods. Hal 486. Di dalam : W. O. Lundberg (ed.). *Autoxydation and Antioxidants*. Vol 2., Interscience Publ., New York.
- Cillard, J., P. Cillard, and M. Cromier. 1980. Effect of Experimental Factor on the Prooxidant Behaviour of Tocopherol. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 57 : 255-261.
- Desrosier, N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. UI Press, Jakarta.

- Djojodarmodjo dan Suhud H. Marco. 1985. Budidaya Kedelai secara Mekanisasi. Di dalam : Kedelai. Balitan.
- Fardiaz, D., N. Andarwulan, H. Wijaya, dan N. L. Puspitasari. 1992. Petunjuk Laboratorium Teknik Analisis Sifat Fisik dan Fungsional Komponen Pangan. PAU, IPB, Bogor.
- Fellows, 1992. Food Processing Technology : Principle and Practice. Ellis Horwood, England.
- Fleury, Y., D. H. Wetti, G. Philipposian dan D. Magnolato. 1992. Soybean (Malonyl) Isoflavones, Characterisation and Antioxidant Properties. Di dalam : Huang, M. T., C. T. Ho dan C. Y. Lee (eds). Phenolic Compound in Food and Their Effects on Health II. ACS Symposium Series 507. Hal 98-113. Washington, D. C.
- Fogarty, W. M. 1983. Microbial Enzymes and Biotechnology Appl. Sci. Publ., London.
- Gallant, D. Mercier, M. and Guibot. 1972. Electron microscopy of starch granules modified by bacterial alpha-amilase. J. Cereal Chem. Vol. 40 (3). 247-365.
- 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.
- Ghiselli, A., M. Sefafini, G. Maini., E. Azzini and A. Ferro-Lozzi. 1995. A fluoroscens-based method for measuring total plasma antioxidant capability. Free Radical and Medicine. Vol. 18 (1) : 29-36.
- Giese, J. 1994. Protein as Ingredients : Types, Function, Applications, Food Tech., October.
- Glicksman, M. 1969. Gum Technology in the Food Industry. Ac. Press., New York.
- Gordon, M. H. 1990. The Mechanism of Antioxidant Activity in Vitro. Di dalam : p.l. B. J. F. Hudson (ed.). Food Antioxidant. Elseviere Appl. Sci., London.
- Gordon, M. H. dan E. Mursi. 1994. A comparison of oil stability based on the metrohom rancimat with storage at 20°C. J. Am. Oil. Chem. Soc. 71 : 649-659.
- Greenwood, C. T. 1979. Observation on the Structure of the Starch Granules. Di dalam : J. M. V. Blanshard dan J. R. Mitchel (eds). Polysacharides in Food Butter. Worths, London.
- Halliwell, B., J. M. C. Gutteridge. 1990. Role of free radiation and catalytic logam ions in human disease ; An Overview. Met. Enzimol. 186 :1-83.

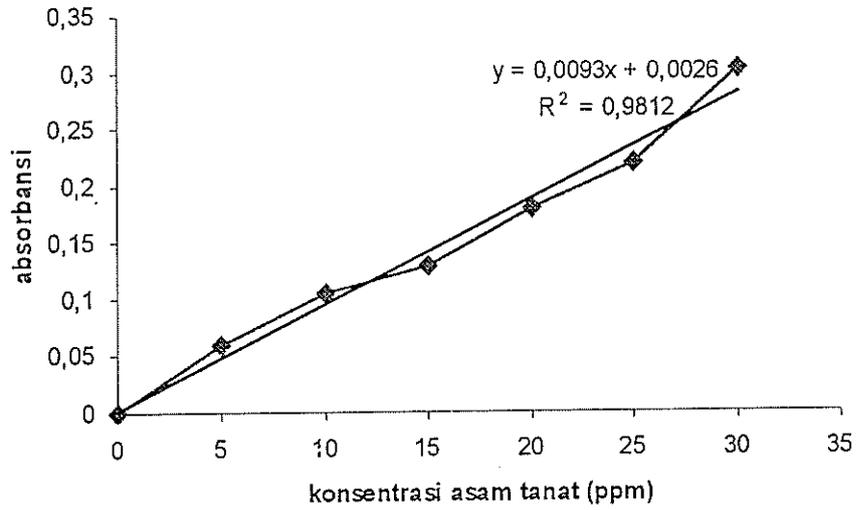
- Halliwell, B., J. M. C. Gutteridge. 1990. Role of Free Radiation and Catalytic Logam Ions in Human Disease ; An Overview. *Met. Enzimol.* 186 :1-83.
- Halliwell, B. 1991. *Free Radical in Biology and Medicine.* Clarandon Press, Oxford, England.
- Halliwell, B., R. Aeschbach, J. Lolinger, and O. I. Auroma. 1995. *Food Chem., Tox.* 33: 601
- Hamilton, R. J. 1983. The Chemistry of Rancidity in Food. Di dalam : Allen, J. C. dan R. J. Hamilton (ed) *Rancidity in Foods.* Hal 1-20. Applied Science Publishers, London.
- Heldman, Dennis R. and Daryl B. Lund. 1992. *Handbook of Food Engineering.* Marchel Dekker Inc., New York.
- Hill dan Kelley. 1942. *Organic Chemistry.* The Blakistan Co., Philadelphia, Toronto.
- Hodge, J. E. and Osman, E. M. 1976. Carbohydrate. Di dalam : Fennema, O. R. *Principles of Food Science. Part I.* Marchell Dekker Inc. New York.
- Hovmand, S. 1987. Fluidised-bed drying. Di dalam : *Handbook of Food Engineering.* Dennis R. Heldman dan Daryl B. Lund. 1992. Marchel Dekker Inc., New York.
- Hudson, B. J. F. 1990. *Food Antioxidants.* Elseviere Applied Science, London.
- IUPAC, 1987. *Standard Methods For The Analysis of Oils, Fat and Derivatives 7th Ed.* Paquot C., Hanfeane, A., (eds).
- Juliano, B. O. 1974. *Cereal Chemistry Procedures.* IRRI. Laguna, Los Banos.
- Khalil, 1999 a. 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.
- Klauri, H. and Bauernfeind. J. C. 1981. Carotenoids as Food Colors. Di dalam : *Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursor.* J. C. Bauernfeind (ed), Hal. 130. Academic Press, New York.
- Knutson, C. A. , Khor U., Cligley, J. E. dan Inglett, G. E. 1982. Variation in Enzym Digestibility and Gelatinization Behaviour of Corn Starch Granule Fraction. *J. Cereal Chem.* 59 (6) 512-515.
- Kochhar, S. P. and J. B. Rossell. 1990. Detection, Estimation and Evaluation of Antioxidant. Di dalam : *Food Antioxidants.* B. J. F. Hudson (ed). Elseviere Applied Science, New York. p. 19-64.

- Lamina. 1989. Kedelai dan Pengembangannya. C.V. Simplex, Jakarta.
- Madhavi D. L. , S. S. Deshpande dan D. K. Salunkhe. 1996. Food Antioxidants : Tecnological, Toxicological and Health Perspectives. Marchel Dekker, Inc., New York.
- Muchtadi, T. R. dan Sugiyono. 1992. Petunjuk Laboratorium Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. PAU, IPB, Bogor.
- Okezie, B. O. dan A. B. Bello. 1988. Physicochemical and Functional Properties of Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate. J. Food Science vol 53. No. 2.
- Pratt, D. E. dan B. J. F. Hudson. 1990. Natural Antioxidants not Exploited Commercially. Di dalam : B. J. F. Hudson. Food Antioxidants, Elseviere Applied Science, London.
- Pratt, D. E. 1992. Natural Antioxidant from Plant Material. Di dalam : Phenolic Compounds in Food and Their Effect on Health II : Antioxidant and Cancer Prevention. Huang, M. T. , Ho, C. T. dan Lee, C. Y. (ed). American Chem. Soc., Washington, DC.
- Peleg, M. 1983. Physical Characteristic of Food Powders. Di dalam : Peleg, M. and E. B. Bagley (ed.). Physical Properties of Foods. AVI Publishing Company, Inc., Wesport, Connecticut.
- Rick, W. dan H. P. Slegbauer. 1968. Alpha-amilases. Measurement of Reducing Groups. Di dalam : H. V. Bergmeyer (ed). Method of Enzimatic Analysis.
- Rha, C., 1978. Rheology of Fluid Foods. Food Tech 7: 11-82.
- Sadjad, S. 1974. Proses Metabolisme Perkecambahan Benih I. Di dalam : Dasar-dasar Teknologi Benih Capita Selekt. Departemen Agronomi, IPB, Bogor.
- Salisbury, F. B. Dan C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid II. Penerbit ITB, Bandung.
- Schuler, P. 1990. Natural Antioxidant Exploited Commercially. Di dalam : Food Antioxidants. B. J. F. Hudson (ed). Elseviere Applied Science, London and New York.
- Sembiring, Helena R. U. 1983. Mempelajari Beberapa Faktor yang Berpengaruh pada Pembuatan Tepung Kecambah Kedelai dalam Hubungannya dengan Tripsin Inhibitor. Skripsi. PAU, Bogor.
- Shetty, K.O.F. Curtis, R. E. Levin, R. Witkowsky and W. Ang. 1995. Prevention of Vitrification Associated with in Vitro Shoot Culture of Oregano (*Origanum vulgare*) by Pseudomonas spp. J. Plant Physical. 147 : 447-451.

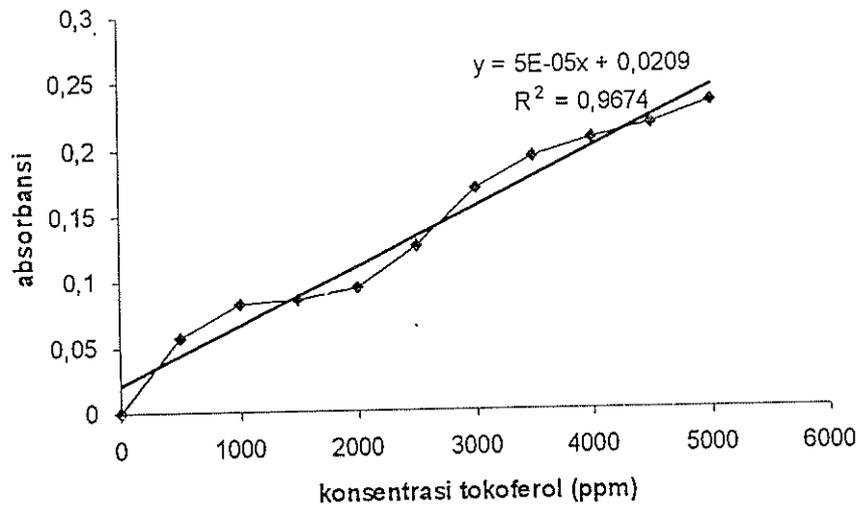
- Soemardi dan Ridwan Tharir. 1985. Pasca Panen Kedelai. Di dalam : Kedelai. BALITAN
- Sukmawati. 2003. Penggunaan Polisakarida sebagai Elisitor untuk Produksi Antioksidan selama Germinasi Biji Kacang Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). Skripsi. IPB, Bogor.
- Surahadikusumah, E. 1989. Kimia Tumbuhan. PAU, IPB, Bogor.
- Syarief, R. dan A. Irawati. 1988. Pengetahuan Bahan untuk Industri Pertanian. Mediyatama Perkasa, Jakarta.
- Taylor, M. J. dan T. Richardson. 1980. Antioxidant Activity of Cystein and Protein Sulfhidriks ini Linoleat Emulsion Ovidized by Hemoglobin. *J. Food Science* 45: 1223.
- Winarno, F. G. , S. S. Endang dan A. B. Ahza. 1980. Mempelajari Pengaruh Proses Perkecambahan Biji-bijian terhadap Sifat Fisik dan Kimia Rendemen tepung. *Bul. FTDC-IPN*, Mei 1980, Bogor.
- Winarno, F. G. 1984. Enzim Pangan. Gramedia, Jakarta
- Winarno, F. G. 1988. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia, Jakarta.
- Whitaker, J. R. 1972. Principle of Enzymology for the Food Science, Marchell Dekker Inc., New York.

LAMPIRAN

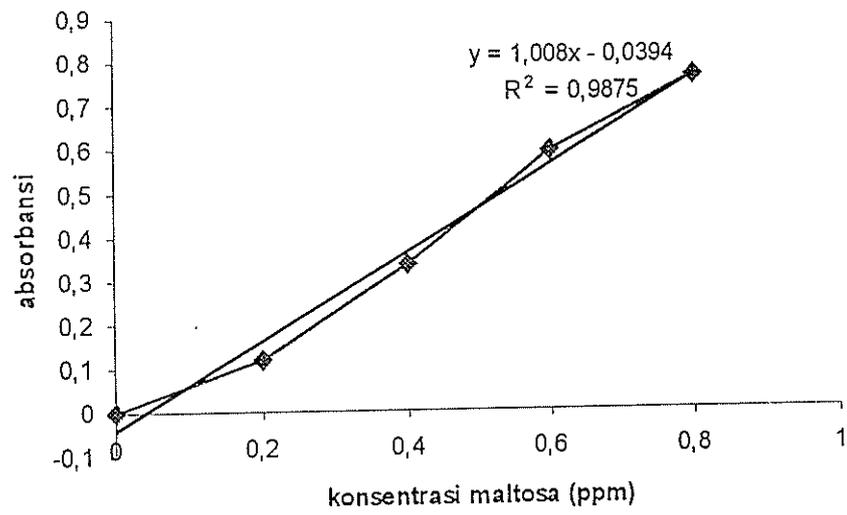
Lampiran 1. Kurva standar fenol



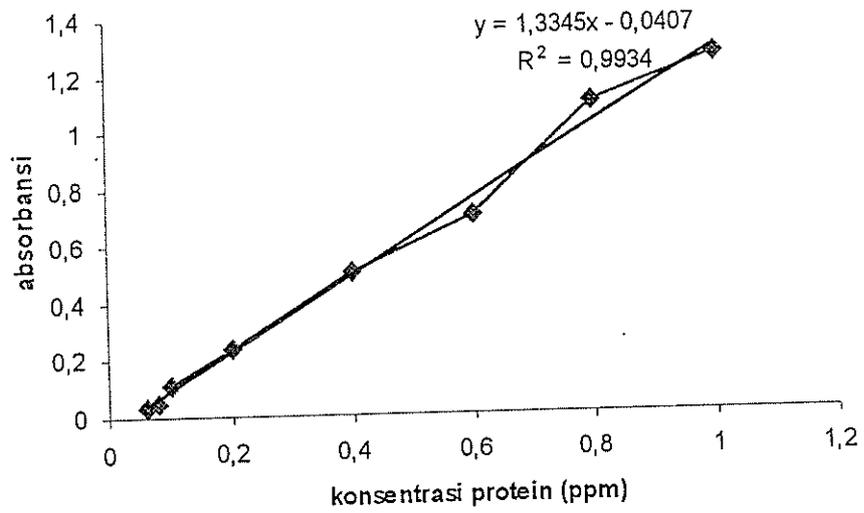
Lampiran 2. Kurva standar alpha-tokoferol



Lampiran 3. Kurva standar maltosa



Lampiran 4. Kurva standar protein



Lampiran 5. Data kadar air kecambah kedelai kering menggunakan *freeze dryer*

Sampel		Berat cawan (g)	Berat kecambah (g)	Berat cawan + kecambah (g)	KA (%)		
C0U1	1	2.4165	5.0704	7.3105	3.48	3.33 ± 0.1894	
	2	2.3894	5.0370	7.2501	3.50		
C0U2	1	2.3742	5.0055	7.2183	3.22		
	2	2.3678	5.0853	7.2943	3.12		
C1U1	1	2.3600	5.0795	7.2665	3.41		3.83 ± 0.5469
	2	2.3754	3.2780	5.5449	3.31		
C1U2	1	2.4104	4.9790	7.1709	4.39		
	2	2.4839	5.0615	7.3326	4.20		
C2U1	1	2.9898	3.0308	5.9099	3.65	3.26 ± 0.7129	
	2	3.1706	3.0472	6.0938	4.07		
C2U2	1	2.3606	3.0796	5.3602	2.60		
	2	2.4776	3.0302	5.4852	2.73		
C3U1	1	2.4911	3.0315	5.3839	4.25	3.78 ± 0.4289	
	2	2.3886	3.0760	5.3489	3.76		
C3U2	1	2.8592	3.0331	5.7736	3.91		
	2	2.3936	3.0390	4.4536	3.22		
C4U1	1	2.5107	3.0135	5.3076	7.19	7.30 ± 0.1300	
	2	2.3812	2.9726	5.1332	7.42		
C4U2	1	2.4553	3.0035	5.2429	7.19		
	2	2.3551	3.0026	5.1352	7.41		

Lampiran 6. Data kadar total fenol kecambah kedelai menggunakan *freeze dryer*

Sampel		Absorbansi ($\lambda = 725 \text{ nm}$)	Kadar total fenol/db (ppm)		
C0U1	1	0.366	40.4213	41.0888 ± 1.9647	
	2	0.394	43.5357		
C0U2	1	0.352	38.8641		
	2	0.376	41.5336		
C1U1	1	0.408	45.0928		49.1807 ± 4.2863
	2	0.415	45.8716		
C1U2	1	0.476	52.6567		
	2	0.480	53.1019		
C2U1	1	0.544	60.2203	59.1637 ± 1.0174	
	2	0.530	58.6632		
C2U2	1	0.540	59.7754		
	2	0.524	57.9958		
C3U1	1	0.538	59.5530	59.2193 ± 2.5332	
	2	0.502	55.5487		
C3U2	1	0.552	61.1103		
	2	0.548	60.6653		
C4U1	1	0.428	47.3176	50.9327 ± 2.4797	
	2	0.474	52.4343		
C4U2	1	0.464	51.3219		
	2	0.476	52.6567		

Lampiran 7. Data kadar vitamin E kecambah kedelai dengan *freeze dryer*

Sampel		Berat (g)	Absorbansi ($\lambda = 520 \text{ nm}$)	Kadar vitamin E/db (ppm)		
C0U1	1	0.0194	0.088	208.5484	186.1946 \pm 22.6183	
	2	0.0270	0.096	163.4682		
C0U2	1	0.0193	0.084	202.4825		
	2	0.0243	0.090	170.2794		
C1U1	1	0.0212	0.099	214.6966		272.5392 \pm 60.2375
	2	0.0197	0.097	226.3764		
C1U2	1	0.0200	0.141	324.1267		
	2	0.0191	0.135	324.9572		
C2U1	1	0.0227	0.140	283.5489	247.5665 \pm 29.9262	
	2	0.0223	0.126	259.7715		
C2U2	1	0.0236	0.118	229.8771		
	2	0.0341	0.161	217.0687		
C3U1	1	0.0249	0.186	343.4308		339.0455 \pm 31.8945
	2	0.0223	0.185	381.4105		
C3U2	1	0.0235	0.157	307.1550		
	2	0.0234	0.165	324.1857		
C4U1	1	0.0249	0.144	265.8820	310.1260 \pm 50.0190	
	2	0.0234	0.137	269.1723		
C4U2	1	0.0225	0.178	363.7167		
	2	0.0261	0.194	341.7330		

Lampiran 8. Data produktivitas maksimal α -tokoferol dan total fenol per 75 g kacang kedelai selama germinasi

Waktu germinasi (jam)	Berat kering (kg)	Total fenol		Total α -tokoferol	
		ppm	mg	ppm	mg
0 jam	0.0597	41.0888	2.4530	186.1946	11.1158
12 jam	0.0577	49.1807	2.8378	272.5392	15.7255
24 jam	0.0592	59.1637	3.5025	247.5665	14.6559
36 jam	0.0556	59.2193	3.2926	339.0455	18.8509
48 jam	0.0529	50.9327	2.6943	310.1260	16.4057

Lampiran 9. Data kadar air kecambah basah dan kadar air tepung kecambah kering menggunakan beberapa alat pengering

Sampel		Berat cawan (g)	Berat sampel (g)	Berat cawan + sampel (g)	KA (%)	
Kecambah basah	1	5.0075	5.0147	6.9209	61.84	61.92 \pm 0.1131
	2	2.3654	5.1078	4.3065	62.00	
FD	1	2.8823	5.1947	7.8475	4.42	4.44 \pm 0.0283
	2	2.4232	5.0485	7.2403	4.46	
FBD	1	3.3995	4.9919	8.0796	6.25	6.14 \pm 0.1556
	2	3.8619	5.1339	8.6861	6.03	
DD	1	3.2984	3.0647	6.2422	3.94	3.96 \pm 0.0212
	2	2.4740	3.0148	5.3692	3.97	

Keterangan: FD (*Freeze dryer*), FBD (*Fluidized bed dryer*), DD (*Drum dryer*)

Lampiran 10. Berat kacang kedelai, kecambah basah dan rendemen tepung kecambah kedelai menggunakan beberapa alat pengering

Sampel	Berat awal (g)	Berat akhir setelah ditepungkan (g)	Rendemen (%)
Kacang kedelai	2 974.6	-	-
Kecambah basah	5 522.4	-	-
Kecambah basah DD	2 015.0	734.5	36.45
Kecambah basah FBD	1 206.8	449.2	37.22
Kecambah basah FD	2 007.5	763.6	38.04

Lampiran 11. Hasil analisa statistik anova pada derajat putih tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Derajat Putih (%)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	124.943	2	62.472	162.970	.001
Nilai Tengah Kolom	1.150	3	.383		
Total	126.093	5			

Kehomogenan Grup

Derajat Putih (%)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
Freeze Dryer	2	46.6000	
Fluidized Bed Dryer	2	49.1500	
Drum dryer	2		38.4500
p		1.000	0.052

Lampiran 12. Hasil analisa statistik anova pada sudut repos tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Sudut Repos

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	6.914	2	3.457	9.664	0.049
Nilai Tengah Kolom	1.073	3	0.358		
Total	7.987	5			

Kehomogenan Grup

Sudut Repos
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2	43.057361	43.057361
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	41.721625	
<i>Drum dryer</i>	2		44.350953
p		0.211	0.224

Lampiran 13. Hasil analisa statistik anova pada viskositas tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Viskositas (Pa.s)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	2.503E-03	2	1.251E-03	444.789	0.000
Nilai Tengah Kolom	8.440E-06	3	2.813E-06		
Total	2.511E-03	5			

Kehomogenan Grup

Viskositas (Pa.s)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2	2.06E-02	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	2.37E-02	
<i>Drum dryer</i>	2		6.54E-02
p		0.290	1.000

Lampiran 14. Hasil analisa statistik anova pada densitas kamba tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Densitas Kamba (g/ml)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	8.033E-03	2	4.017E-03	120.500	0.001
Nilai Tengah Kolom	1.000E-04	3	3.333E-05		
Total	8.133E-03	5			

Kehomogenan Grup

Densitas Kamba (g/ml)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2		0.4050
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2		0.4000
<i>Drum dryer</i>	2	0.3250	
p		1.000	0.695

Lampiran 15. Hasil analisa statistik anova pada densitas pematatan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Densitas Pematatan (g/ml)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	3.640E-02	2	1.820E-02	273.000	0.000
Nilai Tengah Kolom	2.000E-04	3	6.667E-05		
Total	3.660E-02	5			

Kehomogenan Grup

Densitas Pematatan (g/ml)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2	0.8300	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	0.8200	
<i>Drum dryer</i>	2		0.6600
p		1.000	0.518

Lampiran 16. Hasil analisa statistik anova pada *wettability* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Wettability (dtk)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	38530.333	2	19265.167	11.028	0.041
Nilai Tengah Kolom	5241.000	3	1747.000		
Total	43771.333	5			

Kehomogenan Grup

Wettability (dtk)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2	74.00	
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	156.50	
<i>Drum dryer</i>	2		269.50
p		0.265	0.142

Lampiran 17. Hasil analisa statistik anova pada *solubility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Solubility (%)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	2252.547	2	1126.273	137.410	0.01
Nilai Tengah Kolom	24.589	3	8.196		
Total	2277.136	5			

Kehomogenan Grup

Solubility (%)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$		
		1	2	3
<i>Freeze Dryer</i>	2	29.0350		
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2		51.8750	
<i>Drum dryer</i>	2			76.4850
p		1.000	1.000	1.000

Lampiran 18. Hasil analisa statistik anova pada *dispersibility* tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM					
<i>Dispersibility (%)</i>					
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	19.330	2	9.665		
Nilai Tengah Kolom	0.114	3	3.803E-02	254.114	0.000
Total	19.444	5			

Kehomogenan Grup

Dispersibility (%)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2		6.05500
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2		6.07000
<i>Drum dryer</i>	2	2.25500	
p		1.000	0.997

Lampiran 19. Data kadar total fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Sampel		Absorbansi ($\lambda = 725$ nm)	Kadar total fenol (ppm)		
			Wet basis (ppm)	Dry Basis (ppm)	
FD	1-1	0.470	50.0460	52.3713	51.5870 \pm 1.1092
	1-2	0.432	48.5471	50.8027	
	2-1	0.474	45.3351	47.4415	
	2-2	0.422	46.4058	48.5620	
FBD	1-1	0.526	56.0418	59.7079	58.4531 \pm 1.7746
	1-2	0.504	53.6863	57.1983	
	2-1	0.588	62.6799	66.7802	
	2-2	0.562	59.8961	63.8143	
DD	1-1	0.442	47.0482	48.9881	49.7685 \pm 1.1036
	1-2	0.452	48.5471	50.5488	
	2-1	0.426	45.3351	47.2044	
	2-2	0.436	46.4058	48.3192	

Lampiran 20. Hasil analisa statistik anova pada kadar fenol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Kadar Total Fenol (ppm)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	212.586	2	106.293	10.008	0.047
Nilai Tengah Kolom	31.862	3	10.621		
Total	244.447	5			

Kehomogenan Grup

Kadar Total Fenol (ppm)

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	
Freeze Dryer	2		49.794400
Fluidized Bed Dryer	2		61.875200
Drum dryer	2		48.765150
p			0.055

Lampiran 21. Data kadar total tokoferol tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering

Sampel		Berat sampel (g)	Absorbansi ($\lambda = 520 \text{ nm}$)	Kadar alpha tokoferol/db (ppm)	
FD	1-1	0.2208	0.187	39.3898	39.1832 \pm 0.2921
	1-2	0.2303	0.193	38.9766	
	2-1	0.2246	0.195	40.3799	42.1363 \pm 2.4839
	2-2	0.2204	0.208	43.8927	
FBD	1-1	0.2186	0.173	36.8075	38.0800 \pm 1.7995
	1-2	0.2151	0.182	39.3524	
	2-1	0.2178	0.192	41.0000	39.9217 \pm 1.5248
	2-2	0.2263	0.189	38.8435	
DD	1-1	0.2107	0.145	32.0070	32.2302 \pm 0.3157
	1-2	0.2121	0.148	32.4535	
	2-1	0.2133	0.143	31.1807	29.0002 \pm 3.0836
	2-2	0.2133	0.123	26.8198	

Lampiran 22. Hasil analisa statistik anova pada kadar total tokoferol tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Kadar Total Tokoferol
(ppm)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	115.976	2	57.988	15.432	0.026
Nilai Tengah Kolom	11.273	3	3.758		
Total	127.249	5			

Kehomogenan Grup

Kadar Total Tokoferol (ppm)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
Freeze Dryer	2		40.659750
Fluidized Bed Dryer	2		39.000850
Drum dryer	2	30.615200	
p		1.000	0.700

Lampiran 23. Data β -karoten tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering

Sampel		Berat sampel (g)	Absorbansi ($\lambda = 5500 \text{ nm}$)	Kadar β -karoten (ppm)	
FD	1-1	1.0217	0.216	0.8848	0.8910 \pm 0.0087
	1-2		0.219	0.8972	
	2-1	1.0467	0.207	0.8278	0.8258 \pm 0.0028
	2-2		0.206	0.8237	
FBD	1-1	1.0275	0.198	0.8066	0.8004 \pm 0.0086
	1-2		0.195	0.7943	
	2-1	1.0235	0.171	0.6993	0.7013 \pm 0.0028
	2-2		0.172	0.7034	
DD	1-1	1.0210	0.144	0.5904	0.5844 \pm 0.0087
	1-2		0.141	0.5780	
	2-1	1.0326	0.134	0.5432	0.5472 \pm 0.0056
	2-2		0.136	0.5512	

Lampiran 24. Hasil analisa statistik anova pada β -karoten tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Kadar β -Karoten (ppm)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	8.762E-02	2	4.381E-02	17.007	0.023
Nilai Tengah Kolom	7.728E-03	3	2.576E-03		
Total	9.534E-02	5			

Kehomogenan Grup

Kadar β -Karoten (ppm)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2		0.858400
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	0.750850	0.750850
<i>Drum dryer</i>	2	0.565800	
p		0.071	0.233

Lampiran 25. Hasil analisa statistik anova pada aktivitas antioksidan tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Aktivitas Antioksidan (jam)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	19.222	2	9.611	16.236	0.025
Nilai Tengah Kolom	1.776	3	0.592		
Total	20.998	5			

Kehomogenan Grup

Aktivitas Antioksidan (jam)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
Freeze Dryer	2		19.4500
Fluidized Bed Dryer	2		20.0600
Drum dryer	2	15.9950	
p		1.000	0.732

Lampiran 26. Data kadar gula pereduksi tepung kecambah kedelai dengan beberapa alat pengering

Sampel		Berat sampel (g)	Mg dekstrosa	Gula pereduksi (%)	
FD	1-1	10.3061	3.8856	0.7540	0.7442 ± 0.0139
	1-2		3.7846	0.7344	
	2-1	10.5674	4.2896	0.8119	
	2-2		4.3906	0.8310	
FBD	1-1	10.2759	2.3708	0.4614	0.4418 ± 0.0278
	1-2		2.1688	0.4221	
	2-1	10.3405	1.9668	0.3804	
	2-2		2.0678	0.3999	
DD	1-1	10.3643	2.0678	0.9976	1.0951 ± 0.1378
	1-2		2.4718	1.1925	
	2-1	10.3781	1.7648	0.8503	
	2-2		1.8658	0.8989	

Ket : Vol. Made up FD dan FBD = 100 ml, DD = 250 ml

Lampiran 27. Hasil analisa statistik anova pada kadar gula pereduksi tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Kadar Gula Pereduksi (%)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	0.333	2	0.166	17.429	0.022
Nilai Tengah Kolom	2.863E-03	3	9.543E-03		
Total	0.361	5			

Kehomogenan Grup

Kadar Gula Pereduksi (%)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2	0.782850	0.782850
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2	0.416000	
<i>Drum dryer</i>	2		0.984850
p		0.066	0.244

Lampiran 28. Data aktivitas alpha-amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

Sampel	+ pati		≠ pati		Maltosa (mg)	U/ml filtrat enzim	Protein (mg/ml)		Aktivitas alpha-amilase (U/mg prot)	
	λ = 520 nm	ppm	λ = 520 nm	ppm			λ = 520 nm	ppm		
FD	1-1	1.398	1.3478	0.059	0.0194	1.3284	2.4600	0.370	9.9676	10.4289 ± 0.6524
	1-2	1.440	1.3895	0.057	0.0175	1.3720	2.5407	0.352	10.8903	
	2-1	1.368	1.3181	0.055	0.0155	1.3026	2.4456	0.301	12.5351	
	2-2	1.367	1.3171	0.057	0.0175	1.2996	2.4067	0.304	12.1982	
FBD	1-1	1.688	1.6355	0.058	0.0185	1.6170	2.9944	0.437	10.0821	9.9285 ± 0.2172
	1-2	1.641	1.5889	0.057	0.0175	1.5714	2.9100	0.438	9.7749	
	2-1	1.415	1.3647	0.057	0.0175	1.3472	2.4948	0.369	10.1415	
	2-2	1.471	1.4202	0.054	0.0145	1.4057	2.6031	0.406	9.5108	
DD	1-1	0.052	0.0125	0.046	0.0065	0.0060	0.0111	0.152	0.1331	0.1903 ± 0.0808
	1-2	0.060	0.0204	0.049	0.0095	0.0109	0.0202	0.149	0.2475	
	2-1	0.070	0.0303	0.051	0.0115	0.0188	0.0348	0.167	0.3679	
	2-2	0.070	0.0303	0.050	0.0105	0.0198	0.0348	0.161	0.3859	

Lampiran 29. Hasil analisa statistik anova pada aktivitas α -amilase tepung kecambah kedelai hasil pengeringan dengan beberapa alat pengering

ANALISIS RAGAM
Aktivitas α -amilase (%)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p
Nilai Tengah Baris	145.250	2	72.625	114.672	0.001
Nilai Tengah Kolom	1.900	3	0.633		
Total	147.150	5			

Kehomogenan Grup

Aktivitas α -amilase (%)
Tukey HSD

Alat Pengering	N	Grup Pada $\alpha = .05$	
		1	2
<i>Freeze Dryer</i>	2		11.397750
<i>Fluidized Bed Dryer</i>	2		9.877300
<i>Drum dryer</i>	2	0.283600	
p		1.000	0.280