

**PENGARUH LAMA FERMENTASI  
TERHADAP PERUBAHAN WARNA BUBUK KAKAO**

Oleh

**ADRIANA TADING GALUGU  
G 621 04 049**



|           |
|-----------|
| 6-0-09    |
| Pitua     |
| 1 sly     |
| Widias    |
| 80        |
| SKR - P09 |
| GAL       |
| P         |

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2009**

**PENGARUH LAMA FERMENTASI  
TERHADAP PERUBAHAN WARNA BUBUK KAKAO**

*Oleh :*

**ADRIANA TADING GALUGU  
G 621 04 049**

Skripsi Hasil Penelitian  
Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Program Studi Keteknikan Pertanian  
Jurusan Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2009**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan  
Warna Bubuk Kakao

Nama : Adriana Tading Galugu

Stambuk : G 621 04 049

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Jurusan : Teknologi Pertanian

Disetujui,  
Tim Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Ir. Supratomo, DEA  
NIP : 131 126 378

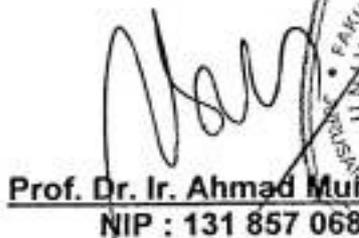
Pembimbing II



Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc.  
NIP : 131 475 298

Mengetahui,

Ketua Jurusan  
Teknologi Pertanian



Prof. Dr. Ir. Ahmad Muhr, M.Eng  
NIP : 131 857 068

Ketua Panitia Ujian Sarjana  
Program Studi Keteknikan Pertanian



Dr. Suhardi, STP, MP  
NIP : 132 315 970

Tanggal Pengesahan : 2009

## RINGKASAN

Proses fermentasi merupakan tahapan utama yang harus dilakukan dalam proses pasca panen kakao. Dalam proses fermentasi terjadi penguraian senyawa-senyawa polifenol, protein dan gula oleh enzim. Dimana senyawa-senyawa tersebut akan meningkatkan molekul warna sehingga warna bubuk kakao menjadi lebih gelap. Di mana warna merupakan salah satu faktor yang menentukan mutu bubuk kakao. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan warna bubuk kakao agar didapatkan warna bubuk kakao yang sesuai dengan selera konsumen

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati perubahan warna bubuk kakao dengan menggunakan kamera digital dalam bentuk RGB yang kemudian dikonversi ke model warna Lab\* dengan menggunakan *Software Adobe Photoshop Cs3*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai L\* tertinggi diperoleh pada bubuk kakao yang tidak difermentasi (72) dan terendah diperoleh pada bubuk kakao yang fermentasi 5 hari (56,33). Nilai a\* tertinggi yang diperoleh pada bubuk kakao yang fermentasi 5 hari (20,33) dan yang terendah pada bubuk kakao yang tidak difermentasi (8,33). Nilai b\* tertinggi yang diperoleh pada bubuk kakao yang fermentasi 5 hari (39,66) dan yang terendah pada bubuk kakao yang tidak difermentasi (30). Nilai  $\Delta E^*$  meningkat dari 0,00 menjadi 21,99. Nilai C\* tertinggi yang diperoleh pada bubuk kakao yang fermentasi 5 hari (44,59) dan yang terendah pada bubuk kakao yang tidak difermentasi (31,14). Dan untuk nilai  $\Delta H^*$  meningkat dari 0,00 menjadi 7,67 yang menunjukkan terjadinya perubahan warna pada bubuk kakao.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini. Dalam pelaksanaan studi, penelitian maupun penyusunan laporan ini penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Supratomo, DEA dan bapak Dr. Ir. Junaedi Muhidong M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
2. Ibu Ir. Sitti Ramlah, M.Si. yang telah membimbing penulis dalam pelaksanaan penelitian pada Balai Besar Industri Hasil Perkebunan (BBIHP) Makassar.
3. Ida, Cory, Agung, Ollin, Irna, Desi, Ichal yang telah memberikan saran dan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.

Penulis berharap sekiranya Laporan Akhir ini bisa menjadi sesuatu yang bermanfaat. Sekiranya kritik dan saran dari pembaca apabila terdapat kesalahan atau kekeliruan dalam penulisan laporan ini.

Makassar, 2009

**Penulis**

Kupersembahkan kepada:

☼ Kedua orang tuaku:

❖ Bapak : Tato K.

❖ Ibu : Margaretha S. Galugu

☼ Saudaraku:

❖ Charles

❖ Tuti

❖ Anto

❖ Mami

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR TABEL .....  | viii    |
| DAFTAR GAMBAR .....   | ix      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | x       |
| <b>I. PENDAHULUAN</b>   |         |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1       |
| 1.2 Tujuan dan Kegunaan .....                                     | 3       |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                                       |         |
| 2.1 Klasifikasi Tanaman Kakao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) ..... | 4       |
| 2.2 Fermentasi .....  | 4       |
| 2.3 Bubuk Kakao .....   | 7       |
| 2.4 Warna .....   | 9       |
| <b>III. METODE PENELITIAN</b>                                     |         |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....  | 18      |
| 3.2 Alat dan Bahan .....  | 18      |
| 3.3 Diagram Alir Pembuatan Bubuk Kakao .....                      | 19      |
| 3.4 Parameter Uji .....   | 20      |
| 3.5 Prosedur Penelitian .....                                     | 21      |
| 3.6 Rancangan Percobaan .....                                     | 23      |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                   |         |
| 4.1 Kadar Air Biji Kako .....                                     | 24      |
| 4.2 Kadar Air Bubuk Kakao .....                                   | 24      |
| 4.3 Komponen Nilai $L^*$ .....                                    | 25      |
| 4.4 Koponenen Nilai $a^*$ .....                                   | 26      |
| 4.5 Komponen Nilai $b^*$ .....                                    | 27      |
| 4.6 Komponen Nilai $\Delta E^*$ .....                             | 28      |
| 4.7 Komponene Nilai $C^*$ .....                                   | 29      |
| 4.8 Komponene Nilai $\Delta H^*$ .....                            | 30      |
| <b>V. KESIMPULAN</b> .....  | 32      |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   |         |
| <b>LAMPIRAN</b>   |         |

## DAFTAR TABEL

| No | Teks   | Halaman |
|----|--|---------|
| 1. | Hasil Perhitungan Kadar Air Biji Kakao ..... | 2       |
| 2. | Hasil Perhitungan Kadar Air Bubuk Kakao..... | 25      |

## DAFTAR GAMBAR

| No | Teks   | Halaman |
|----|--|---------|
| 1. | Representasi Pencampuran Saluran Warna Utama ( <i>Red, Green, Blue</i> ) pada <i>RGB Color Model</i> .....   | 11      |
| 2. | Diagram 2 Dimensi yang Menggambarkan Ruang Warna ( <i>Color Space</i> ) pada <i>CIELab Color Model</i> ..... | 11      |
| 3. | Diagram 3 Dimensi yang Menggambarkan Ruang Warna ( <i>Color Space</i> ) pada <i>CIELab Color Model</i> ..... | 12      |
| 4. | Diagram Alir Pembuatan Bubuk Kakao .....   | 19      |
| 5. | Hubungan antara Komponen Warna ( $L^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....              | 26      |
|    | Hubungan antara Komponen Warna ( $a^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....              | 27      |
| 6. | Hubungan antara Komponen Warna ( $b^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....              | 28      |
| 7. | Hubungan antara Komponen Warna ( $\Delta E^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....       | 29      |
| 8. | Hubungan antara Komponen Warna ( $C^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....              | 30      |
| 9. | Hubungan antara Komponen Warna ( $\Delta H^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao .....       | 31      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| No  | Teks  | Halaman |
|-----|---|---------|
| 1.  | Hasil Pengukuran Kadar Air Biji Kakao .....   | 35      |
| 2.  | Hasil Pengukuran Kadar Air Bubuk Kakao .....  | 36      |
| 3.  | Hasil Uji Pengamatan Komponen Warna (L, a, b) pada Sampel<br>Bubuk Kakao dengan Menggunakan <i>Photoshop CS 3</i> ..... | 37      |
| 4.  | Hasil Perhitungan Nilai $\Delta E^*$ .....  | 38      |
| 5.  | Hasil Perhitungan Nilai $\Delta C^*$ .....  | 38      |
| 6.  | Hasil Perhitungan Nilai $\Delta H^*$ .....  | 38      |
| 7.  | Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna dari Putih ke Hitam ( $L^*$ ).....   | 39      |
| 8.  | Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna Merah Ke Hijau ( $a^*$ ).....  | 40      |
| 9.  | Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna kuning Ke Biru ( $b^*$ ).....  | 41      |
| 10. | Hasil Analisis Statistik Perubahan Nilai Lab* ( $\Delta E^*$ ) .....  | 42      |
| 11. | Hasil Analisis Statistik Saturasi Warna (Nilai C) .....   | 43      |
| 12. | Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna ( Nilai H).....  | 44      |
| 13. | Spesifikasi Alat Stand Penempatan dan Pemotretan Bahan .....  | 45      |
| 14. | Hasil Pengamatan Komponen Warna (L,a, b, C dan H) pada<br>Bubuk Kakao <i>Windmolen Cocoa</i> .....                      | 46      |
| 15. | Foto – foto Penelitian.....   | 47      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara pembudidayaan tanaman kakao paling luas di dunia dan termasuk Negara penghasil kakao terbesar ketiga setelah Ivory Coast dan Ghana, yakni dengan nilai tahunannya mencapai 572 ribu ton. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan (2006), pada tahun 2003 luas areal penanaman kakao telah mencapai 917 ribu hektar dan tersebar di seluruh provinsi, kecuali DKI Jakarta. Ditinjau dari segi produktivitas, Indonesia masih berada dibawah produktivitas rata-rata negara lain penghasil kakao. Selama ini kakao lebih banyak diekspor dalam wujud biji kering kakao dibandingkan hasil olahannya, sehingga nilai tambahnya terhadap perekonomian sedikit.

Salah satu tahapan penting dalam penanganan pascapanen kakao adalah proses fermentasi. Proses fermentasi berlangsung secara alamiah selama beberapa hari. Tahapan ini sangat penting dilakukan untuk mempersiapkan biji kakao basah menjadi biji kakao kering bermutu tinggi dan layak dikonsumsi. Fermentasi biji kakao akan menumbuhkan citarasa, aroma dan warna, karena selama fermentasi terjadi perubahan fisik, kimiawi dan biologi di dalam biji kakao. Di dalam biji kakao akan terjadi penguraian senyawa polifenol, protein dan gula oleh enzim. Penguraian senyawa-senyawa tersebut akan menghasilkan calon aroma, perbaikan rasa dan perubahan warna.

Biji kakao kering (*cocoa beans*) diperdagangkan di dunia, dan bagi Indonesia ini adalah salah satu komoditas ekspor. Biji kakao selain diekspor juga dapat digunakan bahan baku industri baik industri farmasi maupun industri makanan. Biji kakao yang digunakan untuk bahan baku industri makanan harus berasal dari biji kakao yang telah mengalami fermentasi dengan baik, karena dalam industri makanan menghendaki warna dan aroma yang khas kakao. Yang mana warna dan aroma khas ini didapatkan dari biji kakao yang telah mengalami fermentasi. Selanjutnya biji kakao kering ini akan menjalani serangkaian proses pengolahan yang kompleks seperti pembersihan, penyangraian, dan penggilingan.

Perubahan-perubahan yang terjadi pada keping biji selama tahap fermentasi akan disempurnakan selama penyangraian yang akan memberikan efek penting pada perubahan citarasa, aroma dan warna. Suhu penyangraian yang tinggi digunakan untuk mengembangkan warna bubuk kakao.

Terjadinya perubahan warna yang terjadi pada bubuk kakao sangat dipengaruhi oleh kandungan senyawa polihidroksifenol yang terkandung dalam kakao. Pada tahap fermentasi, pengeringan, dan penyangraian saling bersatu, kemudian teroksidasi atau bereaksi dengan komponen kimia lain dalam kakao. Hal ini akan meningkatkan molekul warna sehingga warna bubuk kakao menjadi lebih gelap.

Berdasarkan pertimbangan hal tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan warna bubuk kakao.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan warna bubuk kakao.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi mengenai lama fermentasi yang digunakan sehingga diperoleh bubuk kakao dengan warna yang sesuai dengan selera konsumen, dimana warna dapat menentukan mutu bubuk kakao.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Kakao merupakan tanaman yang menumbuhkan bunga dari batang atau cabang. Karena itu tanaman ini digolongkan kedalam kelompok tanaman caulifloris (Siregar, dkk, 1999).

Sistematika tanaman kakao menurut Siregar, dkk (1999) adalah sebagai berikut :

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Divisio | : <i>Spermathophyta</i>  |
| Klas    | : <i>Dicotyledon</i>     |
| Ordo    | : <i>Malvales</i>        |
| Famili  | : <i>Sterculiceae</i>    |
| Genus   | : <i>Theobroma</i>       |
| Species | : <i>Theobroma cacao</i> |

Berdasarkan tipe populasinya, kakao dapat dibagi menjadi 3 kelompok besar, yaitu *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario*. Dalam tata niaga kakao *Criollo* termasuk jenis kakao mulia sedangkan *Forastero* termasuk jenis kakao lindak. Tipe *Trinitario* merupakan hibrida antara *Criollo* dan *Forastero* sehingga di dalam perdagangan dapat masuk ke jenis mulia ataupun jenis lindak, tergantung dari mutu biji yang di hasilkan (Poedjiwidodo, 1996).

### 2.2 Fermentasi

Tujuan utama fermentasi adalah untuk menghilangkan pulp dari kulit biji, meniadakan daya hidup dari biji dan memberikan kesempatan terbentuknya calon rasa, aroma dan warna biji kakao serta menghilangkan rasa pahit dan sepat (Rahman, 1992).

Fermentasi biji kakao akan menumbuhkan citarasa, aroma dan warna, karena selama fermentasi terjadi perubahan fisik, kimiawi dan biologi di dalam biji kakao. Di dalam biji kakao akan terjadi penguraian senyawa polifenol, protein dan gula oleh enzim. Penguraian senyawa-senyawa tersebut akan menghasilkan calon aroma, perbaikan rasa dan perubahan warna (Anonim, 2008).

Dengan meniadakan daya hidup dari biji maka akan mulai terbentuk zat-zat yang nantinya akan menyebabkan terbentuknya calon warna, rasa dan bau. Penyebab warna biji kakao karena adanya pigmen *cocoa red*, pada biji sebelum difermentasi hanya terdapat beberapa kelompok sel saja. Dengan meniadakan daya hidup dari biji melalui proses fermentasi maka sel-sel akan rusak sehingga pigmen akan keluar dari sel dan menyebar keseluruh bagian biji (Masuri, dkk, 2002).

Wadah fermentasi yang baik digunakan yang terbuat dari papan kayu berbentuk kotak dilengkapi dengan lubang-lubang yang berfungsi sebagai tempat pengeluaran cairan dan aerasi. Jarak lubang biasanya 10-15 cm dengan diameter 1 cm. Ukuran kotak fermentasi berpengaruh pada peningkatan suhu dan dibuat sesuai dengan jumlah/volume kakao yang akan difermentasi (40, 200 atau 600 kg) dengan ketinggian tumpukan tidak lebih dari 42 cm. Waktu fermentasi bervariasi sesuai dengan jenis kakao yang difermentasi. Waktu fermentasi yang dianjurkan untuk kakao lindak adalah 5 hari (Anonim, 2009).

Tahap pengeringan merupakan kelanjutan dari proses fermentasi yaitu kelanjutan internal fermentasi, yang mana dengan adanya enzim dan  $O_2$  dari udara akan mulai terjadi pembentukan warna, rasa dan aroma biji kakao serta penghilangan rasa pahit dan sepat (Masuri, dkk, 2002). Pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air dalam biji dari 60% sampai pada kondisi kadar air dalam biji tidak dapat menurunkan kualitas biji dan biji tidak ditumbuhi cendawan. Pengeringan dapat dilakukan dengan dikeringkan dibawah sinar matahari dan secara buatan dengan menggunakan mesin pengering atau kombinasi keduanya. Dengan sinar matahari dibutuhkan waktu 2 – 3 hari tergantung kondisi cuaca, sampai kadar air biji menjadi 7 – 8%. Sedangkan dengan pengeringan buatan berlangsung pada temperatur  $65^{\circ}C$  -  $68^{\circ}C$  (Anonim, 2009)

Penyangraian biji kakao bertujuan untuk menghasilkan aroma khas biji kakao dan menghilangkan bau yang tidak dikehendaki seperti bau sepat. Penyangraian juga dapat mengurangi kandungan air dalam biji kakao (Minifie, 1999). Biasanya temperatur yang digunakan untuk penyangraian antara  $120^{\circ}C$  dan  $140^{\circ}C$  saat kadar air berkurang sebanyak 3 %. Proses penyangraian total lamanya antara 30 menit dan 45 menit. Dengan pengaturan pH, kelembaban suhu dan waktu penyangraian akan sangat besar kemungkinan memproduksi berbagai macam warna (Beckett, 2000).

### 2.3 Bubuk Kakao

Bubuk coklat dihasilkan dari bungkil yang merupakan residu dari pengempaan pasta. Proses pembuatan bubuk kakao pada pabrikan pada umumnya melalui penyangraian umumnya melalui penyangraian biji, pemisahan nib dari kulit biji, penghancuran dan penghalusan nib, pengempaan, penepungan bungkil kakao dan pengayakan (Wahyudi, 2008).

Warna bubuk kakao terutama terbentuk dari hasil oksidasi senyawa polifenol dan pencoklatan non enzimatis yang terjadi selama penyangraian. Polifenol kakao dalam hal ini katekin dan prosianida, sebagian teroksidasi secara enzimatis oleh enzim polifenol oksidase selama proses fermentasi dan awal pengeringan (Misnawi *et.al.*, 2002)

Mutu bubuk kakao dapat dipertimbangkan berdasarkan beberapa hal yaitu : (Minifie, 1999)

#### a. pH

Bubuk kakao non alkali : warnanya kuning pucat, alkali untuk mengurangi keasamaan.

#### b. Kandungan lemak

Kandungan lemak bubuk kakao sangat bervariasi. Minimum kandungan lemaknya 8% dan maksimumnya 20%.

#### c. Kadar air

Kadar air bubuk kakao pada umumnya kurang dari 5%, namun dalam prakteknya kadar air bubuk kakao dapat mencapai 3%.

d. Ukuran partikel.

Bubuk kakao yang diinginkan konsumen adalah yang halus sehingga pada minuman hanya sedikit yang mengendap dan bubuk kakao yang digunakan untuk makanan terdispersi merata sehingga memberikan warna yang merata.

e. Warna

Bubuk kakao dapat digunakan sebagai pewarna dan pemberi cita rasa pada produk makanan dan minuman. Warna bubuk kakao bervariasi dari kuning pucat sampai biru kehitaman. Warna bubuk kakao dipengaruhi oleh lama penyangraian, kondisi alkalisasi dan mutu biji.

f. Citarasa

Citarasa merupakan parameter yang sulit untuk distandarkan. Citarasa dapat dipengaruhi beberapa hal yaitu : asal biji, kondisi pemanenan, fermentasi, cara pengeringan, kandungan jamur yang berlebihan dalam nib dan residu pestisida bila ada.

g. Mikrobiologis

Biji kakao kering yang diperdagangkan umumnya mengandung lebih dari 20 juta organisme per gram yang berda pada permukaan kulit. Sebagian besar organisme tersebut dapat dikurangi pada proses penyangraian dan pengupasan kulit. Standar mikrobiologi yaitu :

- maksimum total plate count 5000 mikroorganisme per gram;
- maksimum 50 jamur per gram;
- negatif enterobakteria;
- negatif *E.coli* per gram.

## **2.4 Warna**

### **2.4.1 Persepsi dan Peranan Warna**

Persepsi seseorang tentang warna suatu benda dipengaruhi oleh komposisi fisik dan kimia dari benda tersebut, komposisi spektrum dari cahaya yang menyinari benda tersebut, serta sensitivitas reseptor pada retina mata terhadap spektrum cahaya yang dipantulkan oleh suatu benda (Duxbury, 2005; Kader, 2002; Bruhn, 2002; Lawless dan Heymann, 1999; Von Elbe dan chwarts, 1996 terjemahan Salengke, 2006).

Selain itu, persepsi tentang warna suatu benda juga dipengaruhi oleh jenis intensitas cahaya yang digunakan dalam pencahayaan serta jarak dan sudut observasi. Spektrum cahaya yang dapat dilihat sangat tergantung pada sensitivitas reseptor pada retina mata setiap individu sehingga penilaian terhadap warna suatu benda akan berbeda antara satu individu dengan individu lainnya (Duxbury, 2005; Kader, 2002; Bruhn, 2002; Lawless dan Heymann, 1999; Von Elbe dan chwarts, 1996 terjemahan Salengke, 2006).

Warna memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan kita sehari-hari sebab warna tidak hanya mempengaruhi kesukaan kita terhadap suatu produk tapi juga dapat mempengaruhi kesan dan penilaian kita tentang kualitas dari produk tersebut. Oleh karena itu, warna merupakan salah satu faktor penting yang sering digunakan untuk menilai kualitas suatu produk, terutama produk pangan hasil olahan dan produk segar hasil pertanian (Duxbury, 2005; Kader, 2002; Bruhn, 2002; Lawless dan Heymann, 1999; Von Elbe dan chwarts, 1996 terjemahan Salengke, 2006).

#### 2.4.2 Model Warna (*Color Model*)

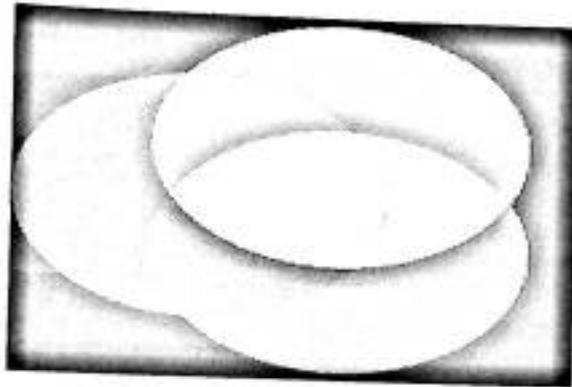
Model/ modus warna (*color model*) merupakan suatu sistem atau model matematika abstrak yang menggambarkan bagaimana warna dapat diinterpretasikan ke angka atau sistem numerik yang lebih jelas. Pada umumnya penggunaan model warna yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi berbasis digital adalah RGB dan CMKY. Kedua modus warna ini merupakan standar yang digunakan dalam berbagai aplikasi pengolah gambar yang tersedia di computer. Sedangkan untuk mendefinisikan warna yang lebih formal, digunakan standarisasi model warna berupa CIElab dan CIEXYZ, yang mendefinisikan warna secara lebih akurat dan tepat, walaupun penggunaannya jauh lebih sulit dibanding modus warna RGB dan CMKY yang lazim digunakan (Anonim<sup>a</sup>, 2007). Adapun model warna yang sering digunakan sebagai standarisasi pengukuran warna adalah :

a. RGB (*Red Green Blue*)

RGB *Color Model* adalah model warna yang sering digunakan pada berbagai aplikasi digital, yang mendefinisikan warna secara aditif, dimana merah, hijau dan biru digunakan sebagai satuan warna utama dalam proses pengkombinasian untuk memproduksi warna yang lain (Anonim<sup>b</sup>, 2007).

Suatu warna dalam modus warna RGB, dapat digambarkan dengan menandakan berapa banyak kandungan warna yang terkandung di tiap saluran warna utamanya (*primary color channels*), dalam hal ini merah, hijau dan biru. Dimana nilai tiap saluran warna tersebut dapat bervariasi antara minimum (tidak terkandung warna) atau maksimum (tingkatan warna

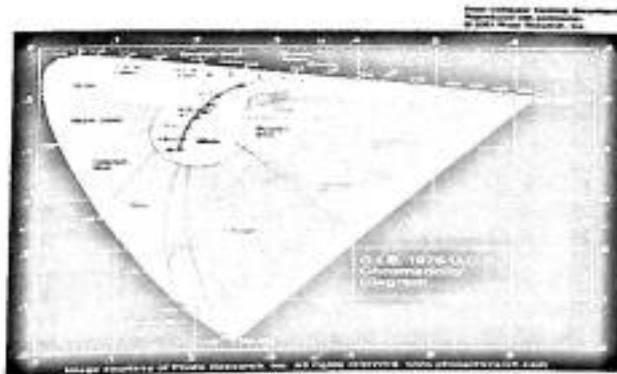
maksimum). Tingkatan nilai pada tiap saluran warna RGB, dapat digambarkan dari 0; untuk tingkatan minimum, ke 1. 0, 255 atau 100%; pada tingkatan maksimum (Anonim<sup>b</sup>, 2007)



**Gambar 1. Representasi Pencampuran Saluran Warna Utama (Red, Green, Blue) pada RGB Color Model**

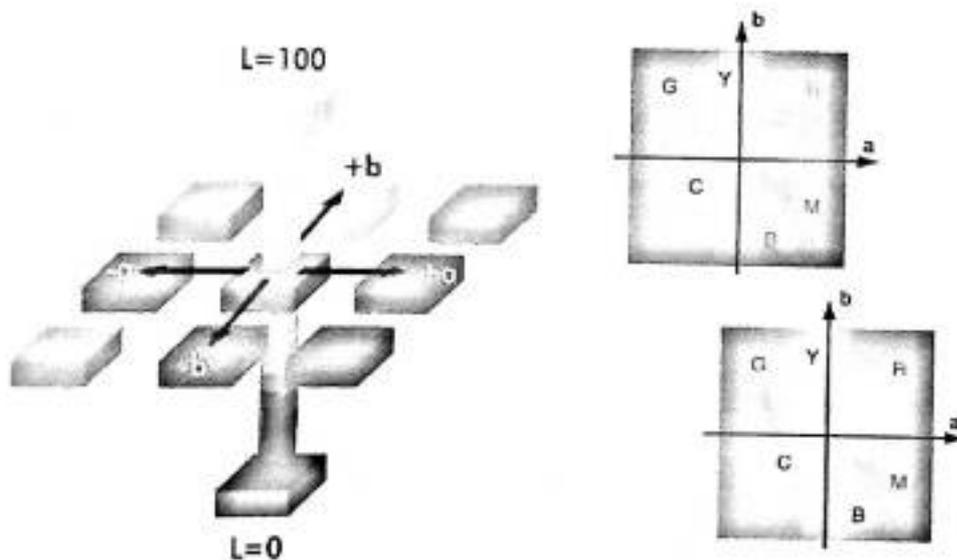
b. *CIElab Color Model*

*Commision Internationale de l'Eclairge* (CIE), suatu badan organisasi internasional menetapkan standarisasi untuk semua pengamatan atau pengukuran warna dan sinar radiasi, baik yang tampak maupun yang tidak tampak, dan tercakup dalam berbagai aspek ilmu *colorimetry* dan *photometry* (Anonim<sup>a</sup>, 2007).



**Gambar 2. Diagram 2 dimensi yang Menggambarkan Ruang Warna (Color Space) pada CIElab Color Model**

*CIElab color model* merupakan suatu modus warna yang menggambarkan ruang warna dalam bentuk kubus 3 dimensi. Dimana sumbu  $L^*$  terentang dari bawah ke atas, dimana nilai maksimum untuk  $L^*$  adalah 100; yang menggambarkan pencerminan radiasi sempurna, dan nilai minimum adalah 0; yang menggambarkan warna dalam kondisi gelap atau hitam. Sumbu  $a$  dan  $b$  terentang pada panjang dan lebar kubus, yang mempresentasikan warna secara menyeluruh. Dimana nilai positif pada  $a$  menggambarkan warna cenderung ke warna merah, dan nilai negatif menggambarkan warna cenderung ke warna hijau. Sedangkan untuk nilai positif menandakan warna cenderung ke arah kuning, dan nilai negatif menandakan warna cenderung ke arah biru (Hunterlab, 1996).



**Gambar 3. Diagram 3 dimensi yang Menggambarkan Ruang Warna (Color Space) pada CIE Lab Color Model**

Berdasarkan artikel mengenai CIElab yang diterbitkan oleh *Hunterlab Association Laboratory*, 1996, perubahan-perubahan nilai Lab\* dapat dituliskan sebagai berikut :

1. Perubahan nilai L\* ( $\Delta L$ )

Parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana perubahan nilai L\* yang dihasilkan, dimana nilai positif menandakan sampel lebih terang dari sebelumnya dan nilai negatif menandakan sampel lebih gelap dari sebelumnya (Hunterlab, 1996).

$$\Delta L^* = L^*_{o} - L^*$$

Dimana :  $\Delta L^*$  = perubahan nilai L\* selama waktu tertentu

$L^*_{o}$  = Nilai L\* untuk sampel pada kondisi awal

$L^*$  = Nilai L\* untuk sampel selama waktu tertentu

2. Perubahan nilai a\* ( $\Delta a$ )

Parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana perubahan nilai a\* yang dihasilkan. Dimana nilai positif menandakan sampel lebih merah dari sebelumnya dan nilai negatif menandakan sampel lebih hijau dari sebelumnya (Hunterlab, 1996).

$$\Delta a^* = a^*_{o} - a^*$$

Dimana :  $\Delta a^*$  = Perubahan nilai a\* selama waktu tertentu

$a^*_{(o)}$  = Nilai a\* untuk sampel pada kondisi awal

$a^*_{(x)}$  = Nilai a\* untuk sampel selama waktu tertentu

3. Perubahan nilai b\* ( $\Delta b$ )

Parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana perubahan nilai b\* yang dihasilkan, dimana nilai positif menandakan sampel lebih kuning dari

sebelumnya dan nilai negatif menandakan sampel lebih biru dari sebelumnya (Hunterlab, 1996).

$$\Delta b^* = b^*_o - b^*$$

Dimana :  $\Delta b^*$  = Perubahan nilai  $b^*$  selama waktu tertentu

$b^*_o$  = Nilai  $b^*$  untuk sampel pada kondisi awal

$b^*$  = Nilai  $b^*$  untuk pisang selama waktu tertentu

#### 4. Total perubahan/perbedaan nilai Lab\* ( $\Delta E^*$ )

Parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana perubahan (perbedaan) nilai Lab\* yang dihasilkan, dimana semakin besar nilai  $\Delta E^*$ , maka semakin besar pula perubahan atau perbedaan nilai Lab\* yang terjadi. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil nilai  $\Delta E^*$ , maka semakin kecil pula perubahan atau perbedaan nilai Lab\* yang terjadi (Hunterlab, 1996).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Dimana :  $\Delta E^*$  = Perubahan nilai Lab\* selama waktu tertentu

$\Delta L^*$  = Perubahan nilai  $L^*$  selama waktu tertentu

$\Delta a^*$  = Perubahan nilai  $a^*$  selama waktu tertentu

$\Delta b^*$  = Perubahan nilai  $b^*$  selama waktu tertentu

#### 5. Total perubahan tingkat saturasi warna ( $C^*/\Delta C^*$ )

Parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana tingkat saturasi warna yang dihasilkan, dimana semakin besar nilai  $C^*$ , maka semakin tinggi pula saturasi warna yang dihasilkan. Dan begitu pula sebaliknya, semakin rendah nilai  $C^*$ , semakin rendah pula nilai saturasi yang dihasilkan (Hunterlab, 1996).

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\Delta C^* = C^*_0 - C^*$$

- Dimana :
- $C^*$  = Nilai saturasi selama waktu tertentu
  - $a^*$  = Nilai  $a^*$  selama waktu tertentu
  - $b^*$  = Nilai  $b^*$  selama waktu tertentu
  - $\Delta C^*$  = Perubahan nilai  $C^*$  selama waktu tertentu
  - $C^*_0$  = Nilai saturasi sample pada kondisi awal

#### 6. Perubahan warna / hue ( $\Delta H^*$ )

Parameter yang digunakan untuk melihat perubahan warna yang dihasilkan, dimana semakin besar nilai  $\Delta H^*$ , maka semakin besar pula perubahan warna yang terjadi. Dan begitu pula sebaliknya, semakin kecil nilai  $\Delta H^*$ , maka semakin kecil pula perubahan warna yang terjadi (Hunterlab, 1996).

$$\Delta H^* = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 - \Delta C^2}$$

- Dimana :
- $\Delta H^*$  = perubahan warna selama waktu tertentu
  - $\Delta E^*$  = perubahan nilai  $Lab^*$  selama waktu tertentu
  - $\Delta L^*$  = perubahan nilai  $L^*$  selama waktu tertentu
  - $\Delta C^*$  = perubahan nilai  $C^*$  selama waktu tertentu

#### 2.4.3 Pengukuran Warna

Warna merupakan faktor yang sangat penting dalam industri pengolahan bahan pangan. Rata-rata para konsumen melakukan penilaian dan keputusan untuk membeli berdasarkan penampakan visual dari bahan pangan itu sendiri. Dan terkadang, warna atau kenampakan visual tersebut dikaitkan dengan kualitas dari bahan itu sendiri (Good, 2003).

Dalam proses uji pengukuran warna, beberapa tahapan penting yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Sistem pencahayaan

Pencahayaan merupakan aspek yang sangat penting dalam pengambilan *image* atau pengukuran warna suatu objek dengan menggunakan kamera. Pencahayaan yang tepat dapat meningkatkan akurasi dan reliabiliti pengukuran karena warna yang terukur dari suatu objek (sampel) sangat tergantung pada spektrum sumber cahaya yang digunakan dalam sistem pencahayaan (Francis dan Clydesdale, 1975 terjemahan Salengke, 2006).

Spektrum yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya sangat tergantung pada jenis sumber cahaya tersebut. Oleh karena itu, CIE telah mengelompokkan sumber cahaya berdasarkan suhu warna (*color temperature*) yang dihasilkan oleh setiap sumber cahaya. Pengelompokan ini meliputi antara lain: jenis A (2856 K), B (4870 K), C (6774 K), D65 (6500 K), dan D (7500 K). Kecuali jenis B, semua jenis sumber cahaya tersebut diatas banyak digunakan dalam pengukuran warna bahan pangan (Lawless dan Heymann, 1999 terjemahan Salengke, 2006).

Selain jenis sumber cahaya, intensitas cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya dan yang sampai pada permukaan objek sampel yang diukur juga sangat mempengaruhi kualitas *image* yang dihasilkan. Oleh karena itu, intensitas cahaya yang sampai pada permukaan sampel perlu diukur dan dicatat sehingga bisa distandarisasi dengan memilih wattage dan jarak sumber cahaya ke permukaan sampel yang tepat (Francis dan Clydesdale, 1975 terjemahan Salengke, 2006).

## 2. Proses identifikasi dan konversi *color spaces*

Ada dua modus warna penting yang dikenali komputer: RGB dan CMYK. RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan mode warna yang digunakan pada monitor komputer. Dalam model ini, hasil gambar di PC akan jauh lebih terang dan jelas, akan tetapi mode ini tidak terlalu cocok untuk proses cetak, karena warna *image* (gambar) akan berubah setelah dicetak. CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow dan Black*) merupakan mode warna yang digunakan oleh kebanyakan mesin cetak dengan pelat (*offset*) (Anonim<sup>d</sup>, 2006).

Pada dasarnya printer dan monitor adalah dua perangkat yang berbeda, bahkan basis manajemen warnanya pun berbeda. Monitor menggunakan mode RGB. Sedangkan printer menggunakan CMYK. Monitor menggunakan proses rasterisasi yang tingkat gradasinya lebih pendek sedangkan *printer*, menggunakan tingkat refleksi yang gradasinya lebih panjang. Salah satu cara untuk mengatasi perbedaan dalam konversi warna dari RGB ke CMYK adalah 'kalibrasi'. Proses kalibrasi warna adalah proses pencocokan warna agar semua perangkat pemroses citra (*image*) menggunakan satu patokan yang sama (Anonim, 2006).

Pengujian dan pengukuran warna bertujuan antara lain untuk (Anonim<sup>a</sup>, 2007):

- a. Menentukan pengaruh bumbu atau bahan adiktif lainnya terhadap warna.
- b. Menentukan proses perubahan warna selama proses penyimpanan
- c. Mengontrol laju perubahan kualitas dari bahan pangan itu sendiri.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April - Mei 2009, di Laboratorium pada Balai Besar Industri Hasil Perkebunan, Makassar dan di Laboratorium *Processing* Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

- a. Oven untuk penyangraian
- b. Blender
- c. Alat pengepresan skala laboratorium
- d. Mesin ayakan
- e. Stand Penempatan dan Pemotretan bahan
- f. Komputer untuk penggunaan *software* :
  - *Adobe Photoshop CS 3*
- g. Cutter, kertas label, timbangan analitik, mangkok, sendok, talang stainless, kuas kecil dan kain saringan
- h. Kamera digital, dengan spesifikasi :
  - Model : Sony DSC – S950
  - Max. Resolution : 10.1 megapixel
  - Max. Aperture : F3.5
  - Shutter speed : 125
- i. Lampu philips 11 Watt (6500 K 570 Lumen), warna cahaya putih,

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. biji kakao (*Theobroma cacao* L.) yang tidak difermentasi dan yang difermentasi 1, 2,3,4, dan 5 hari masing-masing sebanyak 1 kg.
- b. kertas label
- c. tisu.

### 3.3 Diagram Alir Pembuatan Bubuk Kakao



**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Parameter Uji

Parameter yang akan diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kadar air, adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kadar air yaitu:

$$m = \frac{(A - B)}{(A)} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

$m$  = kadar air basis basah (%)

$A$  = berat awal (g)

$B$  = berat akhir (g)

- b. Warna bubuk kakao, yang meliputi :

- Perubahan nilai  $L^*$  ( $\Delta L$ )

$$\Delta L^* = L^*_o - L^* \quad (2)$$

- Perubahan nilai  $a^*$  ( $\Delta a$ )

$$\Delta a^* = a^*_o - a^* \quad (3)$$

- Perubahan nilai  $b^*$  ( $\Delta b$ )

$$\Delta b^* = b^*_o - b^* \quad (4)$$

- Perubahan nilai  $Lab^*$  ( $\Delta E^*$ )

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (5)$$

- Perubahan nilai saturasi warna ( $\Delta C^*$ )

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

$$\Delta C^* = C^*_o - C^* \quad (7)$$

- Perubahan warna ( $\Delta H^*$ )

$$\Delta H^* = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 - \Delta C^2} \dots\dots\dots (8)$$

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### a. Perlakuan Pendahuluan

1. Menyiapkan biji kakao kering fermentasi 1, 2, 4, 5 hari dan biji kakao yang tidak difermentasi sebanyak 1 kg
2. Mengukur kadar air biji kakao. Biji kakao kering dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 16 jam.

#### b. Penyangraian (*roasting*)

1. Menyalakan oven
2. Menyiapkan biji cokelat yang tidak terfermentasi diatas talang oven
3. Menyetel suhu pada oven sebesar 140 °C
4. Memasukkan bahan kedalam oven apabila suhu pada oven sudah mencapai 140 °C
5. Menutup oven dan tunggu kembali sampai suhu kembali normal 140 °C
6. Pada saat suhu 140 °C, kita mulai menghitung waktu selama 30 Menit
7. Setelah itu bahan dikeluarkan dan didinginkan
8. Mengulangi langkah 1 – 7 untuk F1, F2, F3, F4 dan F5.



- c. Pengupasan kulit Ari (*winnowing*)
  1. Mendinginkan biji kakao yang telah disangrai.
  2. Setelah dingin kulit biji kakao dipisahkan dengan nibnya dengan menggunakan cutter.
- d. Pemastaan
  1. Nib yang telah terkumpul ditimbang sebanyak 300 gram
  2. Menghaluskan nib dengan menggunakan blender menjadi pasta coklat
  3. Memasukkan pasta kakao ke dalam kain saringan, lalu diberi label untuk setiap kain.
  4. Mengulangi tahap 1 - 4 sesuai dengan perlakuan percobaan.
- e. Pengempaan
  1. Pasta kasar yang terbentuk dipanaskan selama 15 menit dengan suhu ruang pemanas berkisar  $60^{\circ}\text{C}$
  2. Mengempa pasta kasar dengan tekanan 20 ton/gram
  3. Lemak hasil pengempaan ditampung dalam gelas kecil.
  4. Menimbang kembali gelas yang telah berisi lemak coklat.
  5. Mengempa kembali dengan tekanan yang sama sampai lemak tidak keluar lagi dari kain saringan.
  6. Mengulangi langkah 1-6 untuk setiap perlakuan percobaan.
  7. Dari hasil ini diperoleh lemak dan bungkil

f. Pengayakan

1. Bungkil kakao yang terbentuk kemudian diblender kembali sampai halus
2. Memasukkan ke dalam ayakan bubuk kakao dengan ketelitian 100 mesh
3. Membiarkan mesin ayakan selama 45 menit
4. Mengumpulkan bubuk kakao yang dihasilkan dengan menggunakan sendok.
5. Pengukuran kadar air bubuk kakao

g. Pengujian Warna

Pengujian perubahan warna bubuk kakao, untuk masing-masing sampel, dilakukan dengan cara memotret setiap sampel pada lokasi yang telah ditetapkan. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan kamera digital. Sampel diletakkan pada stand pemotretan yang dilengkapi dengan sistem pencahayaan. Jarak kamera dengan bahan 35,5 cm dan sudut pencahayaan  $45^{\circ}$ . Pengambilan gambar difokuskan di lokasi pada bubuk kakao yang telah diberi tanda.

Gambar (image) yang dihasilkan, kemudian dikonversi dari modus gambar RGB (*Red Gren Blue*) ke parameter warna  $L^*,a^*,b^*$  dengan menggunakan *software Adobe Photoshop Creative Suite 3*.

### 3.6 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kadar Air Biji Kakao

Hasil perhitungan kadar air biji kakao yang diperoleh kadar air yang berkisar antara 7,47% - 6,04%. Rata-rata kadar air biji kakao yaitu 6,45%. Perlakuan pengeringan pada biji kakao akan menyebabkan terjadi penurunan kadar air pada biji kakao sekitar 60% menjadi 7-5% (Susanto, 1995)

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Air Biji Kakao (%bb)**

| Lama Fermentasi (Hari) | Rata-Rata | Max  | Min  |
|------------------------|-----------|------|------|
| 0                      | 7,47      | 8,26 | 6,89 |
| 1                      | 6,96      | 7,47 | 6,2  |
| 2                      | 6,58      | 6,77 | 6,2  |
| 3                      | 6,45      | 6,97 | 5,83 |
| 4                      | 6,11      | 6,47 | 5,56 |
| 5                      | 6,04      | 6,2  | 5,77 |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009

### 4.2 Kadar Air Bubuk Kakao

Kadar air bubuk kakao yang dihasilkan berkisar antara 4,50% - 5,57%. Rata-rata kadar air bubuk kakao yaitu 4,96%. Perlakuan penyangraian pada biji kakao mempengaruhi terjadinya penurunan kadar air pada bubuk kakao. Hal tersebut disebabkan oleh panas yang diterima oleh bahan sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kadar air pada bubuk kakao.

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Air Bubuk Kakao (%bb)**

| Lama Fermentasi (Hari) | Rata-Rata | Max  | Min  |
|------------------------|-----------|------|------|
| 0                      | 5,57      | 6,45 | 5,04 |
| 1                      | 5,13      | 5,26 | 5,01 |
| 2                      | 4,95      | 5,03 | 4,84 |
| 3                      | 4,87      | 5,31 | 4,51 |
| 4                      | 4,77      | 5,18 | 4,18 |
| 5                      | 4,50      | 5,68 | 3,77 |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009

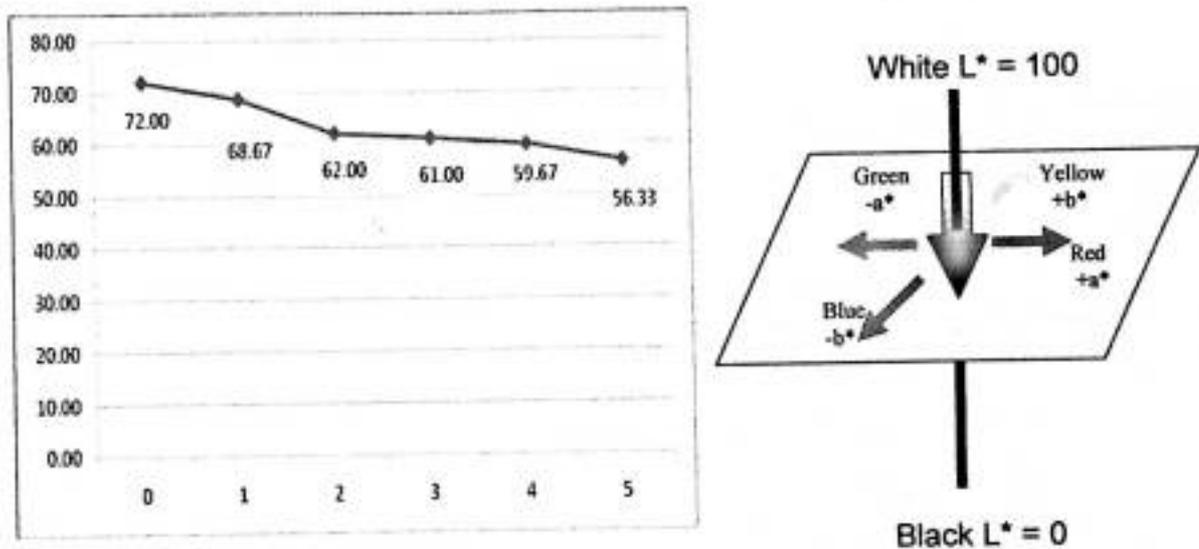
#### 4.3 Komponen Nilai L\*

Nilai L merupakan parameter yang digunakan untuk melihat sejauh mana tingkat kecerahan sampel. Nilai L\* yang berarti *lightness* merupakan parameter yang menilai terang gelapnya suatu gambar. Dimana nilai 0 menandakan hitam, sedangkan nilai tertinggi, yaitu 100 menandakan putih.

Hasil uji pengamatan diperoleh hasil bahwa semakin lama fermentasi maka semakin gelap warna yang dihasilkan pada bubuk kakao. Dimana nilai L\* tertinggi diperoleh pada bubuk kakao tanpa fermentasi (72) sedangkan nilai terendah diperoleh pada bubuk kakao fermentasi 5 hari (56,33). Hal ini menunjukkan bahwa warna bubuk kakao yang dihasilkan semakin gelap.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perubahan warna dari putih ke hitam. Perubahan ini cenderung menurun karena semakin lama fermentasi semakin gelap warna bubuk kakao yang dihasilkan.

Hal ini disebabkan karena selama fermentasi kandungan senyawa polihidroksifenol yang terkandung dalam kakao teroksidasi atau bereaksi dengan komponen kimia lain dalam kakao. Hal ini akan meningkatkan molekul warna sehingga warna bubuk kakao menjadi lebih gelap.



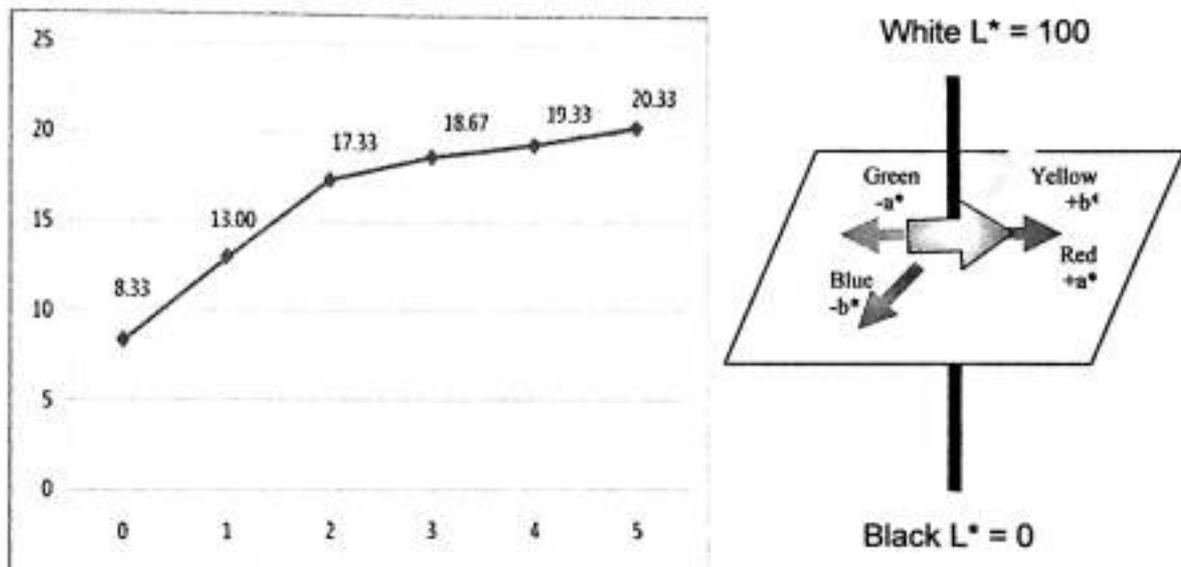
**Gambar 5. Hubungan antara Komponen Warna ( $L^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao**

#### 4.4 Komponen Nilai $a^*$

Nilai  $a^*$  merupakan nilai yang mencerminkan perubahan warna antara hijau (*green*) dan merah (*magenta*). Dimana nilai negatif dari  $a^*$  value axis menandakan hijau dan nilai positif menandakan merah.

Hasil uji pengamatan pada masing-masing sampel untuk nilai  $a^*$  diperoleh hasil semakin lama fermentasi nilai  $a^*$  cenderung mengalami perubahan warna. Hal tersebut menunjukkan bahwa warna bubuk kakao cenderung mengarah ke warna merah. Nilai  $a^*$  terbesar diperoleh pada bubuk kakao fermentasi 5 hari (20,33), sedangkan perubahan warna merah ke hijau terkecil diperoleh pada bubuk kakao tanpa fermentasi (8,33).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perubahan warna merah ke hijau. Dimana nilai  $a^*$  mengalami peningkatan dan bertanda positif yang menandakan bahwa bubuk kakao cenderung berwarna merah.



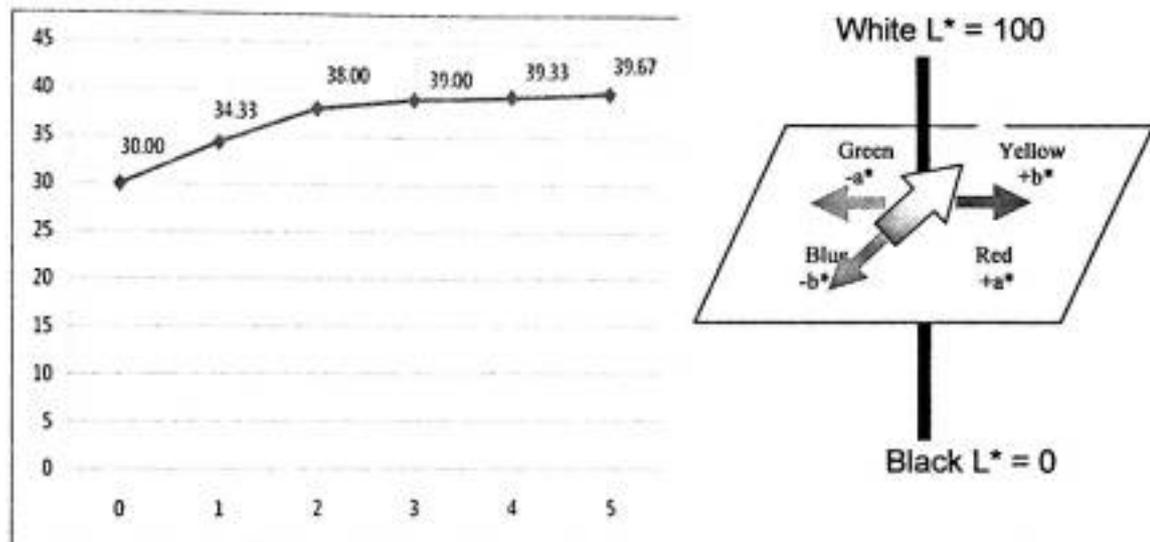
**Gambar 6. Hubungan antara Komponen Warna ( $a^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao**

#### 4.5 Komponen Nilai $b^*$

Nilai  $b^*$  merupakan nilai yang mencerminkan perubahan warna antara biru (*blue*) dan kuning (*yellow*). Dimana nilai negatif dari  $b^*$  value axis menandakan biru dan nilai positif menandakan kuning.

Hasil uji pengamatan pada masing-masing sampel bubuk kakao di peroleh hasil nilai  $b^*$  semakin besar (warna cenderung mengarah ke kuning). Nilai  $b^*$  terbesar diperoleh pada bubuk kakao fermentasi 5 hari (39,66), sedangkan yang terkecil diperoleh pada bubuk kakao tanpa fermentasi (30).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan warna biru ke kuning. Dimana nilai  $b^*$  mengalami peningkatan dan bertanda positif yang menandakan bahwa warna bubuk kakao cenderung berwarna kuning.



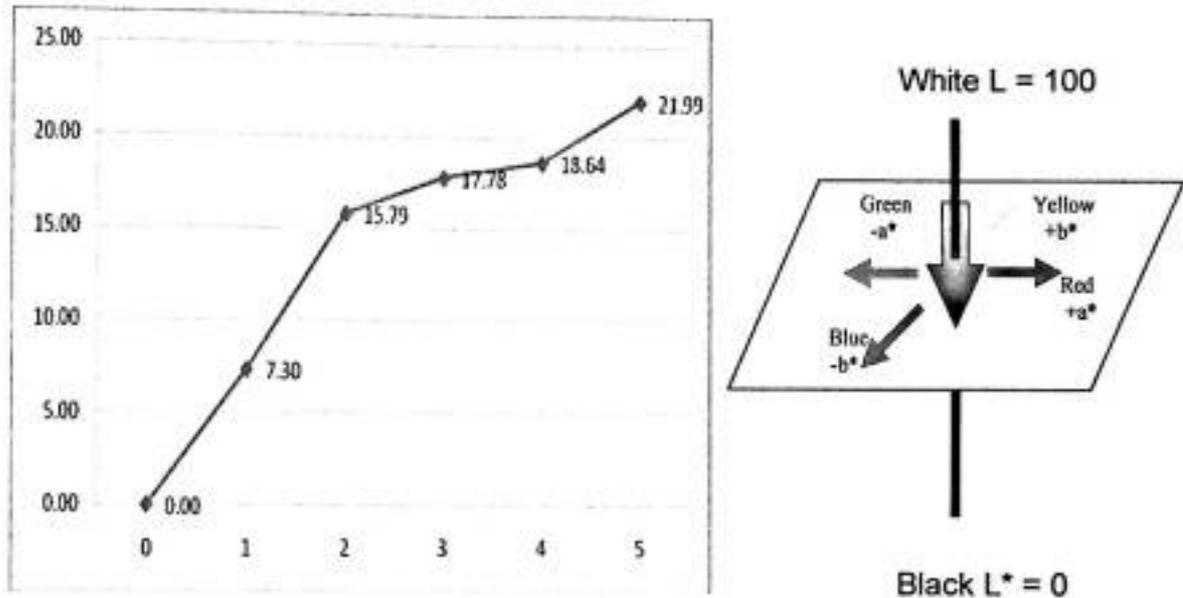
**Gambar 7. Hubungan antara Komponen Warna ( $b^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao**

#### 4.6 Komponen Nilai $\Delta E^*$

Nilai  $\Delta E^*$  merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana perubahan warna yang terjadi pada bubuk kakao. Dimana semakin tinggi nilai  $\Delta E^*$  semakin besar pula perubahan atau perbedaan nilai  $\Delta E^*$  yang terjadi.

Hasil perhitungan nilai  $\Delta E^*$  pada perlakuan untuk bubuk kakao, didapatkan hasil nilai  $\Delta E^*$  semakin meningkat. Dimana nilai  $\Delta E^*$  semakin meningkat dari 0,00 pada bubuk kakao tanpa fermentasi dan meningkat menjadi 21,99 pada fermentasi 5 hari. Peningkatan nilai  $\Delta E^*$  pada setiap perlakuan dapat terlihat dari warna bubuk kakao yang tidak difermentasi terlihat coklat keabu-abuan pada menjadi coklat kehitaman.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap perubahan nilai  $\Delta E^*$ . Dimana semakin lama fermentasi semakin besar nilai  $\Delta E^*$ .



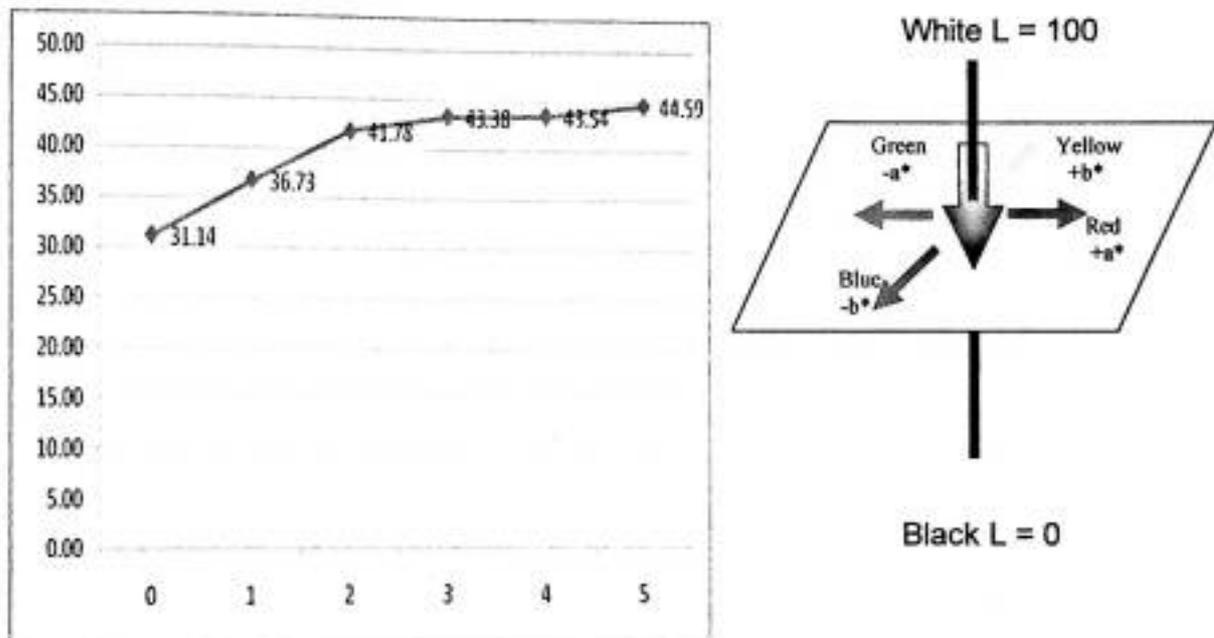
**Gambar 8.** Hubungan antara Komponen Warna ( $\Delta E^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao

#### 4.7 Komponen Nilai $C^*$

Nilai  $C^*$  merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana saturasi warna yang terjadi pada bubuk kakao. Dimana semakin tinggi nilai  $C^*$  maka saturasi warna semakin tinggi.

Hasil uji perhitungan pada masing-masing sampel bubuk kakao menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi maka nilai  $C^*$  atau saturasi warna semakin tinggi. Nilai saturasi warna yang terbesar diperoleh pada bubuk kakao fermentasi 5 hari (44,59), sedangkan nilai saturasi yang terkecil diperoleh pada bubuk kakao tanpa fermentasi (31,14).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi berbeda sangat nyata terhadap saturasi warna. Dimana semakin tinggi lama fermentasi semakin tinggi nilai  $C^*$  yang menandakan semakin besar pula tingkat saturasi warna pada bubuk kakao.



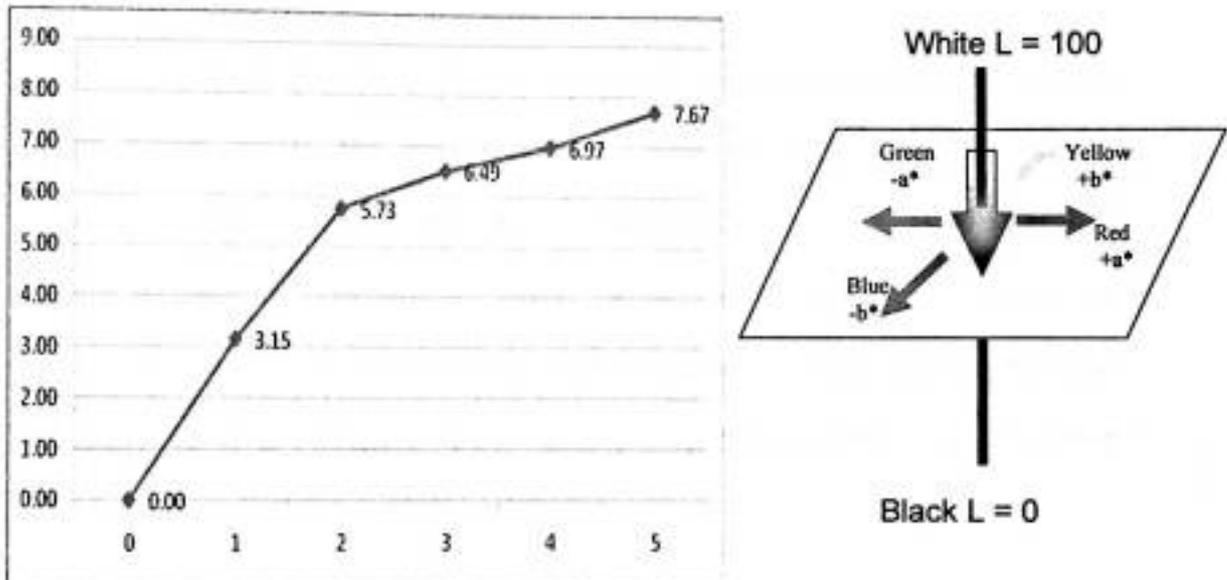
Gambar 9. Hubungan antara Komponen Warna ( $C^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao

#### 4.8 Komponen Nilai $\Delta H^*$

Nilai  $\Delta H^*$  merupakan parameter yang digunakan untuk melihat secara keseluruhan perubahan warna pada bubuk kakao. Dimana semakin besar nilai  $\Delta H^*$  semakin besar pula perubahan warna yang terjadi.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi maka nilai  $\Delta H^*$  yang diperoleh semakin meningkat dari 0,00 pada bubuk kakao tanpa fermentasi meningkat menjadi 7,67 pada bubuk kakao fermentasi 5 hari. Peningkatan nilai  $\Delta H^*$  menunjukkan terjadinya perubahan warna pada bubuk kakao.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi berbeda sangat nyata terhadap nilai  $H^*$  (perubahan warna) yang dihasilkan pada bubuk kakao. Dimana semakin tinggi lama fermentasi maka semakin besar nilai  $\Delta H^*$ .



**Gambar 10. Hubungan antara Komponen Warna ( $H^*$ ) terhadap Lama Fermentasi pada Sampel Bubuk Kakao**

Perbandingan nilai  $L^*$ ,  $E^*$ ,  $C^*$  dan  $H^*$  untuk setiap gambar yang dihasilkan kamera, jelas terjadi perubahan warna pada bubuk kakao. Penurunan yang paling signifikan terjadi pada penurunan nilai  $L^*$ , serta peningkatan nilai  $a^*$  dan  $b^*$ , menyebabkan warna bubuk kakao cenderung kearah coklat kehitaman.

Terjadinya perubahan warna yang terjadi pada bubuk kakao sangat dipengaruhi oleh kandungan senyawa polihidroksifenol yang terkandung dalam kakao. Pada tahap fermentasi, pengeringan, dan penyangraian saling bersatu, kemudian teroksidasi atau bereaksi dengan komponen kimia lain dalam kakao. Hal ini akan meningkatkan molekul warna sehingga warna bubuk kakao menjadi lebih gelap.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan :

1. Lama fermentasi berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan warna pada bubuk coklat dari berwarna coklat keabu-abuan pada bubuk tanpa fermentasi menjadi coklat kehitaman pada bubuk kakao fermentasi 5 hari.
2. Lama fermentasi berbanding lurus dengan komponen warna merah ke hijau, kuning ke biru, saturasi warna, perubahan nilai Lab\* dan perubahan warna sedangkan warna putih ke hitam, berbanding terbalik dengan lama fermentasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006. *CMYK, RGB, dan Kalibrasi* <http://www.komputeratif.com/> Diakses pada tanggal 20 Oktober 2008.
- Anonim<sup>a</sup>, 2007. *Color Model / Color Space* <http://www.answers.com/>. Diakses pada tanggal 28 September 2008
- Anonim<sup>b</sup>, 2007. *RGB Color Model*. <http://www.answers.com/>. Diakses pada tanggal 28 September 2008
- Anonim<sup>c</sup>, 2007. *CIE Lab\**. <http://www.answers.com/> Diakses pada tanggal 28 September 2008.
- Anonim, 2008. *Standarisasi Mutu Biji Kakao*. <http://www.deptan.go.id/daerahnew/sulsel/disbun/headline/berita%202.htm-19-k/>. Diakses Oktober 2008.
- Anonim, 2009. *Gambaran Sekitar Industri Kakao*. [www.depperin.go.id/PaketInformasi/Kakao/kakao](http://www.depperin.go.id/PaketInformasi/Kakao/kakao). Diakses Februari 2009.
- Anonim, 2009. *Standard Prosedur Operasional Fermentasi Kakao*. [http://starfamedan.blogspot.com/2009/04/standard-prosedur-operasional\\_11.html](http://starfamedan.blogspot.com/2009/04/standard-prosedur-operasional_11.html). Diakses 20 Mei 2009.
- Beckett, ST., 2000. *The Science of Chocolate, RSC Paper Backs*. Published by The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge.
- Good, Hal, Februari 2003. *Physical Property Testing*. Food Quality Magazine Februari 2003 issue.
- Hunterlab, 1996. *CIE Lab\* Color Scale*. <http://www.hunterlab.com/> Diakses pada tanggal 28 September 2008.
- Masuri, I. Pereng, Fajar M., Benny D., Malaty, M. Gopas, 2002. *Desiminasi Teknologi Tepat Guna untuk Perintisan Desa Percontohan Penghasil Biji Kakao yang Dapat Memenuhi Standar Nasional Indonesia*. Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Makassar.
- Minifie, Benard W., 1999. *Chocolate, Cocoa and Confectionery*. Aspen Publishers, Inc., Maryland, United Kingdom.

- Misnawi, S. Jinap, B. Jamilah dan S. Nazamid, 2002. *Oxidation Of Polyphenols in Unfermented and Partly Fermented Cocoa Beans By Cocoa Polyphenols Oxidase and Tyronisase*. Journal of the Science and Agriculture, 82, 539-556.
- Rahman, Ansori, 1992. *Teknologi Fermentasi*. Arcan, Bogor.
- Poedjiwidodo, Y, Ir., 1996. *Sambung Samping Kakao*. Trubus Agriwidya, Ungaran.
- Salengke, 2006. *Pengembangan Metode Pengukuran Warna Produk Hasil Pertanian dan Produk Pangan Hasil Olahan dengan Sistem Penginderaan*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Siregar, Tumpal H.S., Slamet Riyadi, Laeli Nuraeni, 1993. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Coklat*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sunanto, H. 1992. *Coklat : Budidaya, Pengolahan Hasil dan Aspek Ekonomisnya*. Kanisius, Yogyakarta.
- Wahyudi, T., T.R. Panggabean, Pujiyanto, 2008. *Panduan Lengkap Kakao*. Penebar Swadaya, Jakarta.

Lampiran 1.. Tabel Hasil Pengukuran Kadar Air Biji Kakao

| Perlakuan | Sebelum Di Oven |      |      | Sesudah Di Oven |      |      | Kadar Air |          |          | Jumlah   | Rata-Rata |
|-----------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
|           | 1               | 2    | 3    | 1               | 2    | 3    | 1         | 2        | 3        |          |           |
| F0        | 1.16            | 1.1  | 1.21 | 1.08            | 1.02 | 1.11 | 6.896552  | 7.272727 | 8.264463 | 22.43374 | 7.477914  |
| F1        | 1.22            | 1.2  | 1.29 | 1.14            | 1.13 | 1.2  | 6.557377  | 5.833333 | 6.976744 | 19.36745 | 6.455818  |
| F2        | 1.46            | 1.56 | 1.29 | 1.37            | 1.47 | 1.21 | 6.164384  | 5.769231 | 6.20155  | 18.13516 | 6.045055  |
| F3        | 1.27            | 1.44 | 1.39 | 1.19            | 1.36 | 1.3  | 6.299213  | 5.555556 | 6.47482  | 18.32959 | 6.109863  |
| F4        | 1.33            | 1.33 | 1.2  | 1.24            | 1.24 | 1.12 | 6.766917  | 6.766917 | 6.666667 | 20.2005  | 6.7335    |
| F5        | 1.07            | 1.11 | 1.29 | 0.99            | 1.03 | 1.21 | 7.476636  | 7.207207 | 6.20155  | 20.88539 | 6.961798  |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009

Keterangan :

- F0 = Fermentasi 0 hari
- F1 = Fermentasi 1 hari
- F2 = Fermentasi 2 hari
- F3 = Fermentasi 3 hari
- F4 = Fermentasi 4 hari
- F5 = Fermentasi 5 hari

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Kadar Air Bubuk Kakao

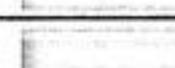
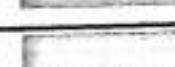
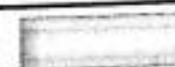
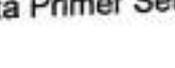
| Perlakuan | Sebelum Di Oven |      |      | Sesudah di Oven |      |      | Kadar Air |          |          | Jumlah   | Rata-Rata |
|-----------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
|           | 1               | 2    | 3    | 1               | 2    | 3    | 1         | 2        | 3        |          |           |
| F0        | 1.49            | 1.40 | 1.81 | 1.41            | 1.33 | 1.71 | 5.114401  | 5.014327 | 5.257333 | 15.38606 | 5.128687  |
| F1        | 1.33            | 1.67 | 1.25 | 1.25            | 1.58 | 1.19 | 6.451613  | 5.222089 | 5.044035 | 16.71774 | 5.572579  |
| F2        | 1.28            | 1.27 | 1.18 | 1.22            | 1.21 | 1.12 | 4.984424  | 5.031447 | 4.842821 | 14.85869 | 4.952897  |
| F3        | 1.26            | 1.26 | 1.20 | 1.19            | 1.19 | 1.15 | 4.940239  | 5.175159 | 4.1841   | 14.2995  | 4.7665    |
| F4        | 1.62            | 1.73 | 1.11 | 1.55            | 1.64 | 1.06 | 4.802956  | 5.305652 | 4.508566 | 14.61717 | 4.872391  |
| F5        | 1.09            | 1.22 | 2.04 | 1.05            | 1.17 | 1.93 | 4.036697  | 3.773585 | 5.675147 | 13.48543 | 4.495143  |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009

Keterangan :

- F0 = Fermentasi 0 hari
- F1 = Fermentasi 1 hari
- F2 = Fermentasi 2 hari
- F3 = Fermentasi 3 hari
- F4 = Fermentasi 4 hari
- F5 = Fermentasi 5 hari

**Lampiran 2. Hasil Uji Pengamatan Komponen Warna (L,a,b) pada Sampel Bubuk Kakao**

| Perlakuan | Sampel  | Komponen Warna |    |    | Rata-Rata |       |       |
|-----------|---|----------------|----|----|-----------|-------|-------|
|           |   | L*             | a* | B* | L*        | a*    | b*    |
| F01       |    | 73             | 8  | 30 | 72,00     | 8,33  | 30,00 |
| F02       |    | 72             | 9  | 31 |           |       |       |
| F03       |    | 71             | 8  | 29 |           |       |       |
| F11       |    | 69             | 12 | 36 | 68,67     | 13,00 | 34,33 |
| F12       |    | 69             | 13 | 34 |           |       |       |
| F13       |    | 68             | 14 | 33 |           |       |       |
| F21       |   | 62             | 17 | 39 | 62,00     | 17,33 | 38,00 |
| F22       |  | 62             | 18 | 36 |           |       |       |
| F23       |  | 62             | 17 | 39 |           |       |       |
| F31       |  | 62             | 19 | 40 | 61,00     | 18,67 | 39,00 |
| F32       |  | 62             | 19 | 39 |           |       |       |
| F33       |  | 59             | 18 | 38 |           |       |       |
| F41       |  | 60             | 19 | 39 | 59,67     | 19,33 | 39,33 |
| F42       |  | 62             | 19 | 39 |           |       |       |
| F43       |  | 57             | 20 | 40 |           |       |       |
| F51       |  | 55             | 22 | 40 | 56,33     | 20,33 | 39,67 |
| F52       |  | 59             | 19 | 40 |           |       |       |
| F53       |  | 55             | 20 | 39 |           |       |       |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009.

Lampiran 4. Tabel Hasil Perhitungan Nilai  $\Delta E^*$

| Lama Fermentasi (Hari) | $L^*$                 |              | $a^*$                 |              | $b^*$                 |              | $\Delta E^*$ |
|------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|
|                        | Rata-Rata Nilai $L^*$ | $\Delta L^*$ | Rata-Rata Nilai $a^*$ | $\Delta a^*$ | Rata-Rata Nilai $b^*$ | $\Delta b^*$ |              |
| 0                      | 72                    | 0,00         | 8,6                   | 0,00         | 31                    | 0,00         | 0,00         |
| 1                      | 68,6                  | -3,40        | 13                    | 4,40         | 34,3                  | 3,30         | 6,47         |
| 2                      | 62                    | -10,00       | 17,3                  | 8,70         | 38                    | 7,00         | 14,99        |
| 3                      | 61,3                  | -10,70       | 18,6                  | 10,00        | 39                    | 8,00         | 16,69        |
| 4                      | 59,6                  | -12,40       | 19,3                  | 10,70        | 39,3                  | 8,30         | 18,36        |
| 5                      | 56,6                  | -15,40       | 20,3                  | 11,70        | 39,6                  | 8,60         | 21,17        |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009.

Lampiran 5. Tabel Hasil Perhitungan Nilai  $\Delta C^*$

| Lama Fermentasi (Hari) | Rata-Rata Nilai $a^*$ | Rata-Rata Nilai $b^*$ | $C^*$ | $\Delta C^*$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|--------------|
| 0                      | 8,6                   | 31                    | 32,17 | 0,00         |
| 1                      | 13                    | 34,3                  | 36,68 | 4,51         |
| 2                      | 17,3                  | 38                    | 41,75 | 9,58         |
| 3                      | 18,6                  | 39                    | 43,21 | 11,04        |
| 4                      | 19,3                  | 39,3                  | 43,78 | 11,61        |
| 5                      | 20,3                  | 39,6                  | 44,50 | 12,33        |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009.

Lampiran 6. Tabel Hasil Perhitungan Nilai  $\Delta H^*$

| Lama Fermentasi (Hari) | $\Delta L^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta H^*$ |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0                      | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| 1                      | -3,40        | 6,47         | 4,51         | 3,15         |
| 2                      | -10,00       | 14,99        | 9,58         | 5,73         |
| 3                      | -10,70       | 16,69        | 11,04        | 6,49         |
| 4                      | -12,40       | 18,36        | 11,61        | 6,97         |
| 5                      | -15,40       | 21,17        | 12,33        | 7,67         |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009.

Lampiran 6. Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna dari Putih ke Hitam (L\*)

Tabel Hasil Pengamatan Nilai L\* pada Photoshop Cs3

| Perlakuan | Ulangan |    |    | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|----|----|--------|-----------|
|           | 1       | 2  | 3  |        |           |
| F0        | 73      | 72 | 71 | 216    | 72        |
| F1        | 69      | 69 | 68 | 206    | 68.66667  |
| F2        | 62      | 62 | 62 | 186    | 62        |
| F3        | 62      | 62 | 59 | 183    | 61        |
| F4        | 60      | 62 | 57 | 179    | 59.66667  |
| F5        | 55      | 59 | 55 | 169    | 56.33333  |
| Total     |         |    |    | 1139   | 63.27778  |

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Nilai L\*

| Sumber Keragaman    | DB | JK     | KT     | F Hitung | F 5%        | F 1% |
|---------------------|----|--------|--------|----------|-------------|------|
| Perlakuan           | 5  | 519.61 | 103.92 | 42,21 ** | 3.02        | 4.86 |
| Galat               | 13 | 32     | 2.461  |          |             |      |
| Total               | 18 | 551.61 |        |          |             |      |
| Koefisien Keragaman |    |        |        |          | 2.479431384 |      |

\*\* Berbeda sangat nyata karena F Hitung lebih besar dari F5% dan F1%, Koefisien Keseragaman 2,47%

Tabel Uji Lanjutan Analisa Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Nilai L\*

| Perlakuan | BNJ     |         |
|-----------|---------|---------|
|           | 5%      | 1%      |
| F0        | 72 e    | 72 E    |
| F1        | 68,67 d | 68,67 D |
| F2        | 62 c    | 62 C    |
| F3        | 61 bc   | 61 BC   |
| F4        | 59,67 b | 59,67 B |
| F5        | 56,33 a | 56,33 A |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

Lampiran 7. Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna Merah Ke Hijau (a\*)

Tabel Hasil Pengamatan Nilai a\* pada Photoshop Cs3

| Perlakuan | Ulangan |    |    | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|----|----|--------|-----------|
|           | 1       | 2  | 3  |        |           |
| F0        | 8       | 9  | 8  | 25     | 8.333333  |
| F1        | 12      | 13 | 14 | 39     | 13        |
| F2        | 17      | 18 | 17 | 52     | 17.333333 |
| F3        | 20      | 19 | 19 | 58     | 19.333333 |
| F4        | 19      | 19 | 20 | 58     | 19.333333 |
| F5        | 19      | 19 | 19 | 57     | 19        |
| Total     |         |    |    | 289    | 16.05556  |

Tabel. Hasil Analisis Sidik Ragam a\*

| Sumber Keragaman    | DB | JK     | KT    | F Hitung  | F 5%        | F 1% |
|---------------------|----|--------|-------|-----------|-------------|------|
| Perlakuan           | 5  | 302.28 | 60.46 | 168,41 ** | 3.02        | 4.86 |
| Galat               | 13 | 4.67   | 0.358 |           |             |      |
| Total               | 18 | 306.95 |       |           |             |      |
| Koefisien Keragaman |    |        |       |           | 3.731697028 |      |

\*\*Berbeda sangat nyata karena Fhitung lebih besar dari F 5% dan 1%, Koefisien Keragaman 3,73 %

Tabel Uji Lanjutan BNJ Analisa Pengaruh lama fermentasi terhadap Perubahan warna dari merah ke hijau

| Perlakuan | BNT     |         |
|-----------|---------|---------|
|           | 5%      | 1%      |
| F0        | 8,33 a  | 8,33 A  |
| F1        | 13 b    | 13 B    |
| F2        | 17,33 c | 17,33 C |
| F3        | 19,33 e | 19,33 D |
| F4        | 19,33 e | 19,33 D |
| F5        | 19 d    | 19 C    |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

Lampiran 8. Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna kuning Ke Biru (b\*)

Tabel Hasil Pengamatan Nilai b\* pada Photoshop Cs3

| Perlakuan | Ulangan |    |    | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|----|----|--------|-----------|
|           | 1       | 2  | 3  |        |           |
| F0        | 30      | 31 | 29 | 90     | 30        |
| F1        | 36      | 34 | 33 | 103    | 34.33333  |
| F2        | 39      | 40 | 41 | 120    | 40        |
| F3        | 43      | 41 | 37 | 121    | 40.33333  |
| F4        | 37      | 42 | 40 | 119    | 39.66667  |
| F5        | 35      | 40 | 36 | 111    | 37        |
| Total     |         |    |    | 664    | 36.88889  |

Tabel. Hasil Analisis Sidik Ragam b\*

| Sumber Keragaman | DB | JK     | KT    | F Hitung  | F 5%     | F 1% |
|------------------|----|--------|-------|-----------|----------|------|
| Perlakuan        | 5  | 249.78 | 49.96 | 12,026 ** | 3.02     | 4.86 |
| Galat            | 13 | 54     | 4.15  |           |          |      |
| Total            | 18 | 303.78 |       |           |          |      |
| KK               |    |        |       |           | 5.524966 |      |

\*\*Berbeda sangat nyata karena Fhitung lebih besar dari F 5% dan 1%, Koefisien Keragaman = 5,52%

Tabel Uji Lanjutan BNJ Analisa Pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan warna kuning ke biru (b\*)

| Perlakuan | UJD      |         |
|-----------|----------|---------|
|           | 5%       | 1%      |
| F0        | 30 a     | 30 A    |
| F1        | 34,33 b  | 34,33 B |
| F2        | 40 d     | 40 CD   |
| F3        | 40,33 de | 40,33 D |
| F4        | 39,67 cd | 39,67 C |
| F5        | 37 c     | 37 BC   |

. Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

Lampiran 9. Hasil Analisis Statistik Perubahan Nilai Lab\* ( $\Delta E^*$ )

Tabel Hasil Perhitungan Nilai  $\Delta E^*$

| Perlakuan | Ulangan |       |       | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|-------|-------|--------|-----------|
|           | 1       | 2     | 3     |        |           |
| F0        | 0       | 0     | 0     | 0      | 0.00      |
| F1        | 8.25    | 5.83  | 7.81  | 21.89  | 7.30      |
| F2        | 16.82   | 14.35 | 16.19 | 47.36  | 15.79     |
| F3        | 18.49   | 16.25 | 18.6  | 53.34  | 17.78     |
| F4        | 19.26   | 16.25 | 20.42 | 55.93  | 18.64     |
| F5        | 24.9    | 18.71 | 22.36 | 65.97  | 21.99     |
| Total     |         |       |       | 244.49 | 13.58278  |

Tabel. Hasil Analisis Sidik Ragam  $\Delta E^*$

| Sumber Keragaman    | DB | JK       | KT       | F Hitung | F Tabel  |      |
|---------------------|----|----------|----------|----------|----------|------|
|                     |    |          |          |          | 5%       | 1%   |
| Perlakuan           | 5  | 1028.314 | 205.6629 | 68.97 ** | 3.02     | 4.86 |
| Galat               | 13 | 38.7636  | 2.98     |          |          |      |
| Total               | 18 | 1067.078 |          |          |          |      |
| Koefisien Keragaman |    |          |          |          | 12.71311 |      |

\*\*Berbeda sangat nyata karena Fhitung lebih besar dari F 5% dan 1%, Koefisien Keragaman 12,71%

Tabel Uji Lanjutan BNJ Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Perubahan Nilai Lab\* ( $\Delta E^*$ )

| Perlakuan | BNJ     |         |
|-----------|---------|---------|
|           | 5%      | 1%      |
| F0        | 0.00 d  | 0.00 D  |
| F1        | 7.30 c  | 7.30 C  |
| F2        | 15.79 b | 15.79 B |
| F3        | 17.78 b | 17.78 B |
| F4        | 18.64 a | 18.64 A |
| F5        | 21.99 a | 21.99 A |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

Lampiran 10. Hasil Analisis Statistik Tingkat Saturasi Warna (C\*)

Tabel Hasil Perhitungan Nilai C\*

| Perlakuan | Ulangan |       |       | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|-------|-------|--------|-----------|
|           | 1       | 2     | 3     |        |           |
| F0        | 31.05   | 32.28 | 30.08 | 93.41  | 31.14     |
| F1        | 37.95   | 36.4  | 35.85 | 110.2  | 36.73     |
| F2        | 42.54   | 40.25 | 42.54 | 125.33 | 41.78     |
| F3        | 44.28   | 43.38 | 42.49 | 130.15 | 43.38     |
| F4        | 43.38   | 43.38 | 43.86 | 130.62 | 43.54     |
| F5        | 45.65   | 44.28 | 43.83 | 133.76 | 44.59     |
| Total     |         |       |       | 723.47 | 40.19278  |

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Nilai C\*

| Sumber Keragaman    | DB | JK    | KT    | F Hitung | F 5%     | F 1% |
|---------------------|----|-------|-------|----------|----------|------|
| Perlakuan           | 5  | 76.44 | 82.31 | 90.28 ** | 3.02     | 4.86 |
| Galat               | 13 | 8.67  | 0.91  |          |          |      |
| Total               | 18 | 85.11 |       |          |          |      |
| Koefisien Keragaman |    |       |       |          | 2.375609 |      |

Berbeda sangat nyata karena Fhitung lebih besar dari F 5% dan 1%, Koefisien Keragaman = 2,37%

Tabel Uji Lanjutan BNJ Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Tingkat Saturasi Warna (C\*)

| Perlakuan | BNJ     |         |
|-----------|---------|---------|
|           | 5%      | 1%      |
| F0        | 31,14 d | 31,14 D |
| F1        | 36,73 c | 36,73 C |
| F2        | 41,78 b | 41,78 B |
| F3        | 43,38 b | 43,38 B |
| F4        | 43,54 a | 43,54 A |
| F5        | 44,59 a | 45,59 A |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

Lampiran 11. Hasil Analisis Statistik Perubahan Warna ( $\Delta H^*$ )

Tabel Hasil Perhitungan Nilai  $\Delta H^*$

| Perlakuan | Ulangan |      |      | Jumlah | Rata-Rata |
|-----------|---------|------|------|--------|-----------|
|           | 1       | 2    | 3    |        |           |
| F0        | 0       | 0    | 0    | 0      | 0.00      |
| F1        | 2.1     | 2.83 | 4.33 | 9.26   | 3.09      |
| F2        | 5.46    | 6.52 | 5.07 | 17.05  | 5.68      |
| F3        | 6.77    | 6.38 | 6.94 | 20.09  | 6.70      |
| F4        | 7.06    | 6.38 | 5.58 | 19.02  | 6.34      |
| F5        | 9.1     | 6.08 | 7.42 | 22.6   | 7.53      |
| Total     |         |      |      | 88.02  | 4.89      |

Tabel Hasil Analisis Sidik Ragam Nilai  $\Delta H^*$

| Sumber Keragaman | DB | JK       | KT    | F Hitung  | F 5% | F 1% |
|------------------|----|----------|-------|-----------|------|------|
| Perlakuan        | 5  | 237.83   | 47.57 | 37.102 ** | 3.02 | 4.86 |
| Galat            | 13 | 16.67    | 1.28  |           |      |      |
| Total            | 18 | 254.5    |       |           |      |      |
|                  |    | 0.857244 | KK    | 17.53054  |      |      |

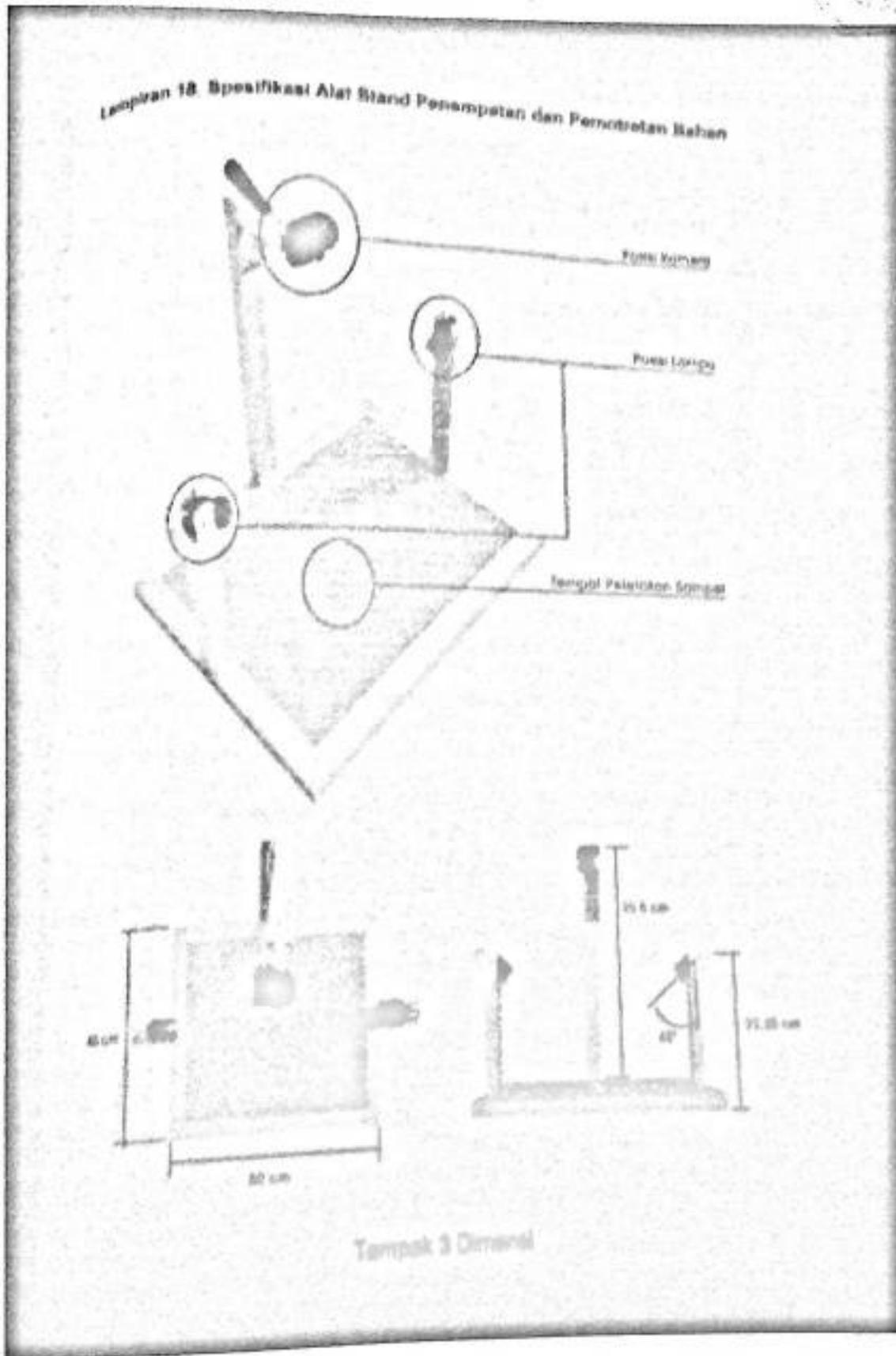
\*\* Berbeda sangat nyata karena F Hitung lebih besar dari F5% dan F1%, Koefisien Keseragaman 17.53%

Tabel Hasil Uji Lanjutan BNJ Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Nilai  $\Delta H^*$

| Perlakuan | BNT    |         |
|-----------|--------|---------|
|           | 5%     | 1%      |
| F0        | 0.00 a | 0.00 A  |
| F1        | 3.09 a | 3.09 AB |
| F2        | 5.68 b | 5.68 B  |
| F3        | 6.70 b | 6.70 B  |
| F4        | 6.34 c | 6.34 C  |
| F5        | 7.53 c | 7.53 C  |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata

### Lampiran 12. Spesifikasi Alat Stand Penempatan dan Pemotretan Bahan



**Lampiran 13. Hasil Pengamatan Komponen Warna (L,a, b, C dan H) pada Bubuk Kakao *Windmolen Cocoa***

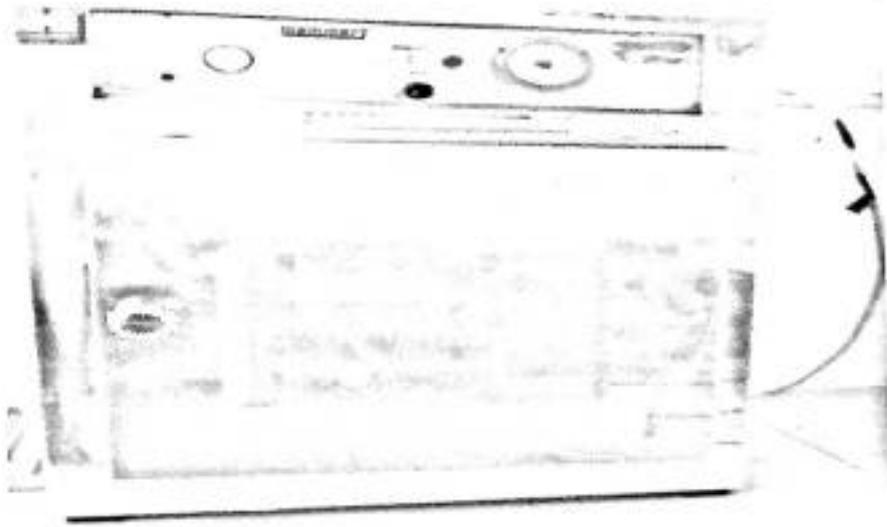
| Komponen warna | Bubuk Kakao <i>Windmolen Cocoa</i> |
|----------------|------------------------------------|
| L              | 57,5                               |
| a              | 19                                 |
| b              | 30                                 |
| C              | 18                                 |
| H              | 24                                 |

Sumber : Data Primer Setelah Diolah, 2009

**Keterangan:**

- L : perubahan warna dari putih ke hitam
- a : perubahan warna dari merah ke hijau
- b : perubahan warna dari kuning ke biru
- C : saturasi warna
- H : perubahan warna

Lampiran 14. Foto-Foto Penelitian



Oven untuk menyangrai



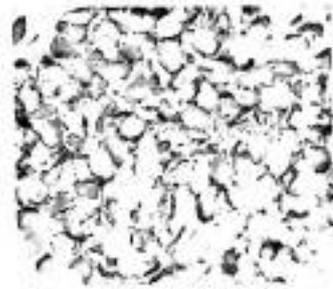
oven untuk Mengukur Kadar air



(a)



(b)

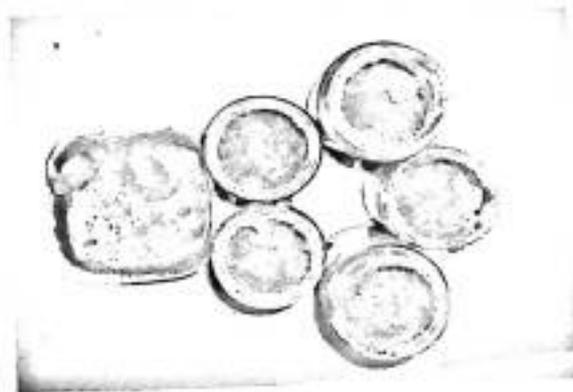


(c)

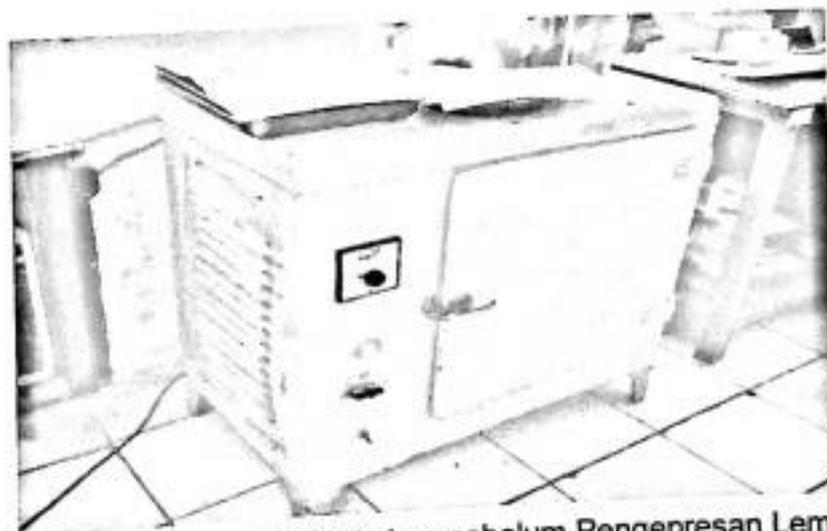
(a) Proses Pemisahan kulit, (b) Nib dan (c) Kulit Biji Kakao



Blender



Pasta Kakao



Mesin Pemanas Pasta kakao sebelum Pengepresan Lemak